Héctor Pérez Montiel

1

Física

DGB Serie integral por competencias



3a edición

Grupo Editorial Patria

Grupo Editorial PATRIA

SALI

Sistema de aprendizaje en línea

SALI es nuestra propuesta tecnológica diseñada especialmente para estudiantes y profesores, que permite realizar un verdadero vínculo productivo entre nuestros materiales impresos y digitales.

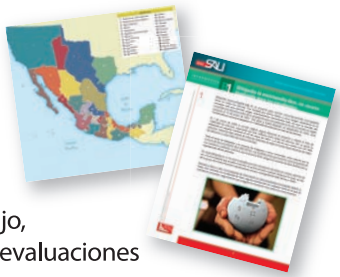
Te invitamos a explorar los materiales de apoyo que hemos desarrollado para tu clase. Contamos con una base de cientos de objetos de aprendizaje que va creciendo día con día.

A lo largo del libro encontrarás una serie de iconos, que te indicarán qué tipo de material complementario existe en **SALI:**

Video y animación

Audio

PDF Documentos de trabajo, lecturas adicionales y evaluaciones



Como **alumno** contarás con herramientas útiles, interesantes y divertidas para:

- repasar y ampliar tus conocimientos
- preparar tus exámenes
- hacer más ameno tu aprendizaje

Como **profesor** cuentas con diferentes herramientas que te ayudarán a optimizar tu clase:

- generador de exámenes
- guías y estrategias didácticas
- videos con recomendaciones de nuestros autores y expertos en competencias

Si tu escuela es adoptante de nuestros libros puedes ser **instructor** con lo que podrás:

- crear cursos en línea
- integrar tus propios materiales
- administrar tu clase

Valida tu cuenta como profesor vía web o contacta a uno de nuestros representantes de ventas. La cuenta del instructor sólo se valida, si la escuela es adoptante de nuestros libros y con el apoyo de nuestros representantes de ventas.

www.sali.org.mx











FÍSICA 1

Serie integral por competencias

Hector Pérez Montiel

segunda edición ebook 2016

GRUPO EDITORIAL PATRIA

Contacto **Patria**

correo:	teléfonos:	correo electrónico:	sitio web:	fax pedidos:
Renacimiento # 180, Col. San Juan Tlihuaca, Azcapotzalco, 02400, Cd. de México	(0155) 5354 9100 1102 1300	info@editorialpatria.com.mx	www.editorialpatria.com.mx	(0155) 5354 9109 5354 9102

Grupo Editorial Patria®

División Bachillerato, Universitario y Profesional

Dirección editorial: Javier Enrique Callejas
Coordinación editorial: Alma Sámano Castillo
Revisión técnica: Alex Polo Velázquez
Diseño de interiores y portada: Juan Bernardo Rosado Solís
Supervisor de producción editorial: Miguel Ángel Morales Verdugo
Diagramación: Jorge Antonio Martínez Jiménez y Gustavo Vargas Martínez
Ilustraciones: Perla Alejandra López Romo, Jorge Antonio Martínez Jiménez y Gustavo Vargas Martínez
Fotografías: Thinkstock



Física 1

Serie integral por competencias

Derechos reservados:
©2014, 2016, Héctor Pérez Montiel
©2014, 2016, Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V.

ISBN ebook: 978-607-744-474-9 (Segunda edición)
ISBN ebook: 978-607-438-979-1 (Primera edición)

Renacimiento 180, Col. San Juan Tlihuaca,
Delegación Azcapotzalco, Código Postal 02400, Cd. de México
Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana
Registro núm. 43

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra en cualesquiera formas, sean electrónicas o mecánicas, sin el consentimiento previo y por escrito del editor.

Impreso en México / Printed in Mexico

Primera edición ebook: 2014
Segunda edición ebook: 2016

Contenido

Introducción a la asignatura y a tu libro VII
Competencias genéricas del Bachillerato General XIII
Competencias disciplinares básicas del campo de Ciencias Experimentales XIII
Las secciones de la serie XIV

BLOQUE 1

Reconoces el lenguaje técnico básico de la física

Introducción 6
La física y su impacto en la ciencia y la tecnología 6
Historia de la física 8
División de la física 9
1.1 Método científico 10
Características del método científico 11
Método científico experimental 11
1.2 Magnitudes físicas y su medición 18
Sistema Métrico Decimal 19
Magnitudes fundamentales y derivadas 19
Definiciones de magnitud, medir y unidad de medida 19
Magnitud 19
Medir 20
Unidad de medida 20
Sistemas de Unidades CGS e Inglés 20
Sistema Internacional de Unidades, ventajas y limitaciones 20
Metro patrón 20
Kilogramo patrón 20
Segundo patrón 21
Ventajas de utilizar el Sistema Internacional como sistema único de unidades y algunas limitaciones 21
Métodos directos e indirectos de medida 22
Prefijos usados en el Sistema Internacional 22
1.3 Notación científica 23
Principales operaciones utilizando potencias con base 10 25
Transformación de unidades de un sistema a otro 26
Transformación de unidades cuadráticas y cúbicas 28
1.4 Instrumentos de medición 29
Tipos de errores en las mediciones 30
Causas de error en la mediciones 30
Errores sistemáticos 30
Errores circunstanciales (estocásticos o aleatorios) 30
Cuantificación del error en las mediciones 30
Error absoluto o desviación absoluta, también recibe el nombre de incertidumbre absoluta 30
Error relativo 30
Error porcentual 30
Magnitudes escalares y vectoriales 37

BLOQUE 1

Reconoces el lenguaje técnico básico de la Física

1.5 Vectores 37
Cómo establecer la escala de un vector 38
Representación gráfica de sistemas de vectores coplanares, no coplanares, colineales y angulares o concurrentes.
Concepto de vectores deslizantes y libres 38
Sistema de vectores colineales 38
Sistema de vectores concurrentes o angulares 38
Resultante y equilibrante de un sistema de vectores 38
Propiedades de un vector 39
Suma de vectores 40
Descomposición y composición rectangular de vectores por métodos gráficos y analíticos 42
Resolución de problemas de aplicación práctica de sistemas de vectores colineales y concurrentes, en forma gráfica y analítica 46
Sistema de fuerzas colineales 46
Suma de dos vectores concurrentes o angulares 47
Funciones trigonométricas y teorema de Pitágoras 47
Ley de los senos y ley de los cosenos 48
Signos de las funciones trigonométricas seno y coseno 48
Suma de más de dos vectores angulares o concurrentes 52

BLOQUE 2

Identificas diferencias entre distintos tipos de movimiento

2.1 Nociones básicas sobre movimiento 80
Posición 80
Tiempo 80
Movimiento 80
Concepto de cinemática 80
Concepto de partícula material en movimiento e interpretación de su trayectoria 80
Recorrido y trayectoria 81
Distancia y desplazamiento 81
Velocidad y rapidez 81
Concepto de aceleración 82
Sistemas de referencia absoluto y relativo 86
Coordenadas cartesianas o coordenadas rectangulares 87
Coordenadas polares 87
2.2 Movimiento en una dimensión 88
Resolución de un problema de MRU 88
Velocidad media 89
Velocidad instantánea 91
Resolución de un problema de velocidad instantánea 92
Interpretación de gráficas de magnitud del desplazamiento-tiempo y magnitud de la velocidad-tiempo 92
Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) 98

BLOQUE 2

Identificas diferencias entre distintos tipos de movimiento

Aceleración media 98
Aceleración instantánea 98
Resolución de un problema de MRUA e interpretación de gráficas 98
Deducción de las ecuaciones utilizadas en el MRUA.... 100
Caída libre 110
Efectos ocasionados por la resistencia del aire sobre los cuerpos durante su caída. Velocidad terminal..... 111
Tiro vertical..... 112
2.3 Movimiento en dos dimensiones..... 119
Tiro parabólico 119
Tiro parabólico horizontal 120
Tiro parabólico oblicuo 120
Resolución de un problema de tiro parabólico oblicuo . 121
Movimiento circular uniforme (MCU) y movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA)..... 127
Movimiento circular..... 127
Velocidad angular media 129
Velocidad lineal o tangencial 129
Movimiento circular uniforme (MCU) 130
Interpretación de gráficas magnitud del desplazamiento angular-tiempo y magnitud de la velocidad angular-tiempo en el MCU..... 130
Resolución de un problema de interpretación de gráficas para MCU 130
Movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA) . 133
Resolución de un problema de interpretación de gráficas para MCUA..... 134

BLOQUE 3

Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton

Introducción..... 156
Concepto de dinámica 156
Concepto de fuerza..... 156
Clasificación de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. 156
Tipos de fuerza: de contacto y a distancia..... 158
Carácter vectorial de una fuerza..... 158
Uso del dinamómetro para medir fuerzas..... 158
Unidades para medir fuerza 159
Masa y peso de los objetos..... 159
Fuerzas de fricción estática y dinámica o cinética..... 159
Ventajas y desventajas de la fricción..... 161
Antecedentes históricos del estudio del movimiento mecánico (Aristóteles, Galileo Galilei, Isaac Newton)... 163
3.1 Leyes de la dinámica..... 164
Ley de la inercia o primera ley de Newton 164
Segunda ley de Newton o ley de la proporcionalidad entre fuerzas y aceleraciones 165

BLOQUE 3

Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton

Tercera ley de Newton o ley de la acción y la reacción... 166
Velocidad y aceleración tangencial 170
3.2 Ley de la Gravitación Universal 170
3.3 Leyes de Kepler 178
Primera ley de Kepler 178
Segunda ley de Kepler 179
Tercera ley de Kepler 179

BLOQUE 4

Relacionas el trabajo con la energía

4.1 Trabajo 192
Expresión matemática para el trabajo y la gráfica que lo representa 192
Trabajo positivo y negativo 192
4.2 Energía cinética y energía potencial 195
Tipos de energía 195
Definición de energía 196
El joule y el ergio como las unidades en que se mide el trabajo, la energía cinética y la potencial 196
Energía potencial gravitacional (EPG) 197
Energía potencial elástica 198
Energía cinética 198
Energía cinética traslacional (ECT) 198
Cambio de energía cinética traslacional (ΔECT) = trabajo (T) 199
Energía cinética rotacional (ECR) 199
Rapidez traslacional y rapidez rotacional 200
Inercia rotacional 200
4.3 Ley de la conservación de la energía mecánica 200
El calor como una forma de energía que resulta de la acción de fuerzas disipativas 201
Fuentes de energía 206
4.4 Potencia 210

Anexo 1
Tabla de equivalencias entre las unidades de medida de algunas magnitudes físicas 221
Anexo 2
Alfabeto griego 222
Anexo 3
Constantes físicas y sus valores 223
Respuestas de los ejercicios 224
Glosario 229
Bibliografía 234
Direcciones electrónicas 235
Índice 236

Introducción
a la asignatura y a tu libro

FÍSICA 1

Hector Pérez Montiel

Esta edición de *Física 1* pertenece a la Serie Integral por Competencias de Grupo Editorial Patria y está completamente apegada a los contenidos correspondientes a la asignatura del Bachillerato General que corresponde al campo de conocimiento de las ciencias experimentales.

Este libro ofrece a los estudiantes un importante recurso para el logro de las competencias que se pretenden lograr con el programa. Se ha realizado con base en un innovador diseño a todo color, que facilita la lectura, posibilita la rápida identificación de los temas en estudio, su localización inmediata y el uso óptimo de información de apoyo. Lo hemos enriquecido con nuevos ejercicios, revisión y mejora en la redacción de contenidos, nuevas figuras e ilustraciones que contribuyen a hacer más amenas, interesantes y explicativas las lecturas.

El estudio de la física en el Bachillerato General tiene como propósito acercar al estudiante a los conocimientos, principios, teorías y leyes que esta ciencia proporciona y que rigen el comportamiento de los fenómenos físicos. De tal manera que, al aplicarlos, pueda explicarse de manera científica el porqué de los múltiples fenómenos que acontecen en su entorno. Y aún más: **pretende que dé el salto del saber al saber pensar para saber hacer, fortaleciendo el desempeño sobre el saber, con una plena conciencia cívica y ética de las consecuencias de sus acciones y hechos.**

Para lograr lo anterior, es preciso educar con un enfoque por competencias, lo que posibilitará lograr una integración entre el medio ambiente, el hombre y su entorno social.

La física, así como las demás ciencias experimentales, es parte fundamental para despertar entre la juventud una clara conciencia acerca de la importancia que tiene la naturaleza en el desarrollo de nuestra vida. Por tanto, su estudio debe hacer posible que se establezca una relación activa entre el conocimiento y las habilidades que puede generar, de tal manera que propicie reflexiones acerca de los fenómenos que se estudian, posibilitando una aproximación a la investigación y experimentación.

Debemos tener presente que al educar por competencias no se pretende incluir sólo conocimientos que se apliquen en la vida cotidiana del estudiante, sino también generar una cultura científica y humanista que dé sentido y articule los conocimientos adquiridos en las diferentes disciplinas.

Educar por competencias incluye saber pensar para poder hacer con una actitud determinada. En donde el saber es el conocimiento, el pensar son las habilidades de pensamiento, y el hacer las destrezas junto con las actitudes y los valores.

La educación por competencias se facilita cuando el docente:

1. Propicia que el estudio de la física resulte ameno e interesante.
2. Favorece un ambiente agradable de trabajo y una comunicación abierta, pero respetuosa.
3. Promueve la realización de diversas actividades, incluidas las experimentales, las cuales resultan interesantes para los estudiantes.
4. Ayuda y orienta a los alumnos y alumnas, para que superen sus deficiencias en diversas áreas del conocimiento, como son las matemáticas, el lenguaje y la ortografía.
5. Relaciona, siempre que es posible, los contenidos abordados en el programa de estudio con la vida real del educando.
6. Impulsa la realización de proyectos educativos, ya sean científicos, tecnológicos o humanos.
7. Propone problemáticas que despiertan el interés de los estudiantes, de manera que a partir de éstas analicen la realidad externa y construyan sobre ella su conocimiento para que a su vez éste se pueda trasladar a otros contextos similares.
8. Fortalece el autoaprendizaje, de modo que los estudiantes aprendan a aprender dominando este método para realizar sus consultas e investigaciones.
9. Fomenta la elaboración de investigaciones usando diferentes fuentes de información: libros, revistas, periódicos, enciclopedias, videos, películas e Internet.
10. Propicia el trabajo en equipos.
11. Rompe con el esquema conductista (el profesor dice y el alumno repite).
12. Elabora cuestionarios para reafirmar los aspectos más importantes que debe dominar el escolar al realizar una lectura en su libro de texto o en las diferentes fuentes de información a su alcance, o bien, al efectuar una actividad experimental.
13. Promueve la participación del grupo en la exposición de las respuestas que dieron a las preguntas formuladas en el cuestionario, realimentando y corrigiendo en caso necesario.
14. Evalúa de manera constante el desempeño de cada estudiante con base en sus participaciones en clase, investigaciones y consultas realizadas en las diferentes fuentes de información; exposiciones ante el grupo; trabajo individual y en equipo; participación en las actividades experimentales; diseño y elaboración de dispositivos útiles para efectuar una demostración experimental acerca de un fenómeno físico; proyectos realizados; exámenes escritos; visitas de campo; propuestas para reducir la contaminación ambiental en su localidad, etcétera.
15. Propicia la autoevaluación y coevaluación entre iguales.

La obra que ahora les presentamos está hecha con un enfoque por competencias, por lo que contiene múltiples experiencias de enseñanza-aprendizaje, para que los estudiantes **desarrollen habilidades que les posibiliten movilizar sus saberes dentro y fuera del aula.** De tal manera que siempre que sea posible, logren aplicar lo aprendido en situaciones cotidianas y consideren las posibles repercusiones personales, sociales y ambientales que implican dichas aplicaciones.

El libro se ha organizado de acuerdo con el programa oficial de la asignatura, mismo que consta de los siguientes bloques de estudio:

Bloque 1

Reconoces el lenguaje técnico básico de la física. Desempeños del estudiante al concluir el bloque: Identificas la importancia de los métodos de investigación y su relevancia en el desarrollo de la ciencia como la solución de problemas cotidianos. Reconoces y comprendes el uso de las magnitudes físicas y su medición como herramientas de uso en la actividad científica de tu entorno. Interpretas el uso de la notación científica y de los prefijos como una herramienta de uso que te permita representar números enteros y decimales. Identificas las características y propiedades de los vectores que te permitan su manejo y aplicación en la solución de problemas cotidianos.

Bloque 2

Identificas diferencias entre distintos tipos de movimiento. Desempeños del estudiante al concluir el bloque: Define conceptos básicos relacionados con el movimiento. Identifica las características del movimiento de los cuerpos en una y dos dimensiones. Reconoce y describe, con base en sus características, diferencias entre cada tipo de movimiento.

Bloque 3

Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton. Desempeños del estudiante al concluir al bloque: Identifica en los diferentes tipos de movimiento las fuerzas que intervienen en el movimiento de los cuerpos. Aplica las leyes de la dinámica de Newton, en la solución y explicación del movimiento de los cuerpos, observables en su entorno inmediato. Explica el movimiento de los planetas en el Sistema Solar utilizando las leyes de Kepler.

Bloque 4

Relacionas el trabajo con la energía. Desempeños del estudiante al concluir el bloque: Defines el concepto de trabajo en física, realizado por o sobre un cuerpo como un cambio en la posición o la deformación del mismo por efecto de una fuerza. Relacionas los cambios de la energía cinética y potencial que posee un cuerpo con el trabajo en física. Utilizas la ley de la conservación de la energía mecánica en la explicación de fenómenos naturales de tu entorno social, ambiental y cultural. Aplicas en situaciones de la vida cotidiana, el concepto de potencia como la rapidez con la que se consume energía.

Este libro será una importante herramienta para contribuir al desarrollo de las competencias tanto genéricas que conforman el perfil de egreso del bachiller, así como de las competencias disciplinares que corresponden a la asignatura de Física 1. Ello en virtud de que por medio de las diferentes actividades de aprendizaje propuestas, se favorece que el estudiante: resuelva problemas relacionados con su vida cotidiana; tome decisiones haciendo un análisis crítico y reflexivo; desarrolle su creatividad al diseñar y realizar actividades experimentales; establezca distintas formas de representación gráfica; aplique las ecuaciones matemáticas; utilice calculadora, computadora, Internet y TIC, haga uso correcto del lenguaje al elaborar reportes escritos, resúmenes, investigaciones y proyectos.

También propicia que el estudiante identifique las ideas principales de un texto y favorece el trabajo en equipo y grupal. Promueve que aprenda de manera autónoma y construya sus conocimientos, movilizando sus saberes dentro y fuera del aula, de tal manera que relacione lo aprendido con su vida cotidiana y proponga soluciones para resolver problemas que se presenten en su localidad y que contribuyan a la conservación del medio ambiente.

Finalmente, nos será grato saber que este libro cumple con el objetivo para el cual fue escrito, y sea bien recibido por los que comparten la responsable y noble labor de la docencia.

Las secciones de la serie

Inicio del bloque

Aquí encontrarás los saberes que deberás adquirir y fortalecer con el estudio de cada bloque en lo que respecta a: desempeños que logras al concluir el bloque, los objetos de aprendizaje, las competencias a desarrollar y una serie de preguntas guía para establecer los conocimientos previos con los que cuentas.

Desempeños del estudiante al concluir el bloque

Señala lo que debes poder realizar como resultado de lo estudiado en el bloque.

Competencias por desarrollar

Representan las competencias específicas que debes desarrollar en cada bloque y sirven de marco rector a los saberes por trabajar.

Objetos de aprendizaje

Indica lo que estudiarás en cada bloque.

¿Qué sabes hacer ahora?

Constituye una propuesta de evaluación diagnóstica que te posibilitará conocer las ideas y conocimientos previos que posees con respecto a los contenidos que se abordarán en el bloque.

Situación didáctica

Cada bloque se inicia con una pregunta, misma que deberás resolver de alguna de las siguientes maneras: a través de una lectura en la cual identifiques las ideas clave y elabores una síntesis; investigues en las diferentes fuentes de información que tengas a tu alcance y obtengas conclusiones; lleves a cabo un proyecto o diseñes una actividad experimental y dispositivos para llevarla a cabo; realices trabajo de campo; hagas una presentación, una campaña o alguna otra actividad que posibilite despertar tu interés y promover que desde el inicio del estudio del bloque comiences a utilizar tus saberes, los fortalezcas y adquieras nuevos saberes, ya sea a nivel personal, en equipo o grupal.

Secuencia didáctica: ¿Qué tienes que hacer?

Establece los pasos que debes seguir para resolver la pregunta formulada en la situación didáctica y te posibilita adquirir y movilizar tus saberes en diferentes contextos tanto dentro como fuera del aula.

Rúbrica: ¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Señala los criterios que debes considerar para resolver la situación didáctica y que serán de utilidad para que tú mismo y tu profesor(a) puedan evaluar y valorar tu desempeño.

Autoevaluación

Son preguntas que al responderlas satisfactoriamente, te indicarán que has logrado las competencias esperadas. En caso contrario, te servirán para repasar aquellos saberes que aún no dominas. Recuerda que para resolver tus dudas cuentas con tus compañeros(as) y con el invaluable apoyo de tu profesor(a).

Coevaluación e intercambio de ideas y aprendizajes

Es muy importante que después de contestar la autoevaluación, intercambies tus respuestas con otro compañero o compañera y en grupo comenten las respuestas que dieron. Corrijan siempre que sea necesario y si tienen dudas pregunten a su profesor(a). Recuerden que el intercambio de ideas, conocimientos y experiencias, favorece su aprendizaje y el logro de las competencias esperadas.

Recomendaciones para hacer tu portafolio de evidencias

Guarda las evidencias que hacen posible constatar tu desempeño escolar, ya sea en una carpeta física o en carpetas creadas en tu computadora para cada bloque de estudio. Tu profesor(a) te indicará qué otras evidencias debes conservar y cuál es el momento oportuno para que se las muestres.

Otras secciones

Resolución de problemas

Los problemas resueltos a manera de ejemplos se desarrollan paso a paso para que comprendas cómo se resuelven.

Ejercicios propuestos

Son ejercicios que te posibilitan incrementar tu capacidad de razonamiento en la medida en que adquieres nuevos conocimientos y experiencias, fortaleciendo tu estima y seguridad en ti mismo, al constatar que eres capaz de resolverlos.

Si el(la) profesor(a) considera que el grupo es capaz de resolver problemas más complejos, debe proponerlos en el salón de clase para que en caso de dudas éstas se puedan resolver ahí y no dejarlos de tarea. Ello evitará que se generen frustraciones si los estudiantes no los pueden resolver.

Para tu reflexión

Son lecturas que te posibilitan analizar la importancia de la Física y lo mucho que aún hay por descubrir e inventar.

Aplica lo que sabes

Son actividades propuestas para que con la supervisión de tu profesor(a), valores las aplicaciones de la física en tu entorno.

Esquemas didácticos

Te serán de utilidad para visualizar de manera sencilla los conceptos involucrados y las relaciones jerárquicas entre dichos conceptos.

Actividad de aprendizaje

Te posibilitará saber si vas adquiriendo los conocimientos esperados en cada subtema, y a tu profesor(a) le servirá para constatar si los estás adquiriendo o no, y si debe modificar su plan de trabajo escolar.

Instrumentos de evaluación

Por medio de la resolución de un cuestionario que contiene diversas actividades, te será posible comprobar si has adquirido los aprendizajes, habilidades, actitudes y valores que se indican en cada bloque. Si respondes satisfactoriamente el cuestionario, sigue adelante; en caso contrario, repasa aquello que te presenta dudas. No dudes en apoyarte en tu profesor(a). En esta edición encontrarás también rúbricas, listas de cotejo y guías de observación.

Actividad experimental

Son actividades experimentales propuestas que te servirán para fortalecer tus aprendizajes adquiridos. Realízalas cuando tu profesor(a) te lo indique.

Retroalimentación de la actividad experimental

Te servirá para constatar si tus respuestas al cuestionario fueron correctas y realizaste bien tus observaciones experimentales.

Respuestas de los ejercicios propuestos

Con el propósito de que estés seguro de haber resuelto correctamente los ejercicios propuestos, en las páginas finales del libro encontrarás las respuestas de cada uno; se identifican por bloque, tema y subtema.

Glosario

Éste se incluye en las páginas finales del libro y en él se definen los términos y conceptos que debes conocer y manejar como parte de tu lenguaje científico.

Bibliografía

Son sugerencias de libros que puedes consultar para complementar tu información. Se localiza en las páginas finales.

Uso de TIC y direcciones electrónicas

Se sugieren algunas páginas de Internet, las cuales te servirán para obtener información que enriquezca el contenido del libro e incremente tu interés por la investigación y el estudio. Se localizan también en las páginas finales del libro.

Anexos

En esta sección se incluye una tabla de equivalencias entre las unidades de medida de algunas magnitudes físicas, el alfabeto griego, así como constantes físicas y sus valores.

Además, por haber comprado este libro tienes acceso al sitio Web: www.sali.org.mx que contiene videos, animaciones, audios y diferentes archivos cuyo objetivo es ampliar tu conocimiento, hacer claros algunos procesos complejos de los temas a considerar, y posibilitar y actualizar de manera rápida la información en todos los temas del plan de estudios de la Dirección General del Bachillerato.

Competencias genéricas del Bachillerato General

Las competencias genéricas son aquellas que todos los bachilleres deben estar en la capacidad de desarrollar al permitirle a los estudiantes comprender su entorno (local, regional, nacional o internacional) e influir en él, contar con herramientas básicas para continuar aprendiendo a lo largo de la vida, y practicar una convivencia adecuada en sus ámbitos social, profesional, familiar, etc.; en razón de lo anterior estas competencias construyen el Perfil del Egresado del Sistema Nacional de Bachillerato.

A continuación se listan las competencias genéricas:

1. Se conoce y valora a sí mismo y aborda problemas y retos teniendo en cuenta los objetivos que persigue.
2. Es sensible al arte y participa en la apreciación e interpretación de sus expresiones en distintos géneros.
3. Elige y practica estilo de vida saludables.
4. Escucha, interpreta y emite mensajes pertinentes en distintos contextos mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiadas.
5. Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.
6. Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva.
7. Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de su vida.
8. Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos.
9. Participa con una conciencia cívica y ética en la vida de su comunidad, región, México y el mundo.
10. Mantiene una actitud respetuosa hacia la interculturalidad y la diversidad de creencias, valores, ideas y prácticas sociales.
11. Contribuye al desarrollo sustentable de manera crítica, con acciones responsables.

Competencias disciplinares básicas del campo de Ciencias Experimentales

Competencias disciplinares básicas	Bloques de Física 1			
	1	2	3	4
1. Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.	X		X	X
2. Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.	X		X	X
3. Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.	X	X	X	X
4. Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.	X	X	X	X
5. Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.	X	X		X
6. Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.	X	X	X	X
7. Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.	X	X	X	X
8. Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir de nociones científicas.	X	X	X	X
9. Diseña modelos o prototipos para resolver problemas, satisfacer necesidades o demostrar principios científicos.	X		X	X
10. Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.	X	X	X	X
11. Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y valora las acciones humanas de riesgo e impacto ambiental.	X	X	X	
12. Decide sobre el cuidado de su salud a partir del conocimiento de su cuerpo, sus procesos vitales y el entorno al que pertenece.	X	X	X	X
13. Relaciona los niveles de organización química, biológica, física y ecológica de los sistemas vivos.				
14. Aplica normas de seguridad en el manejo de sustancias, instrumentos y equipo en la realización de actividades de su vida cotidiana.				

Las secciones de la serie

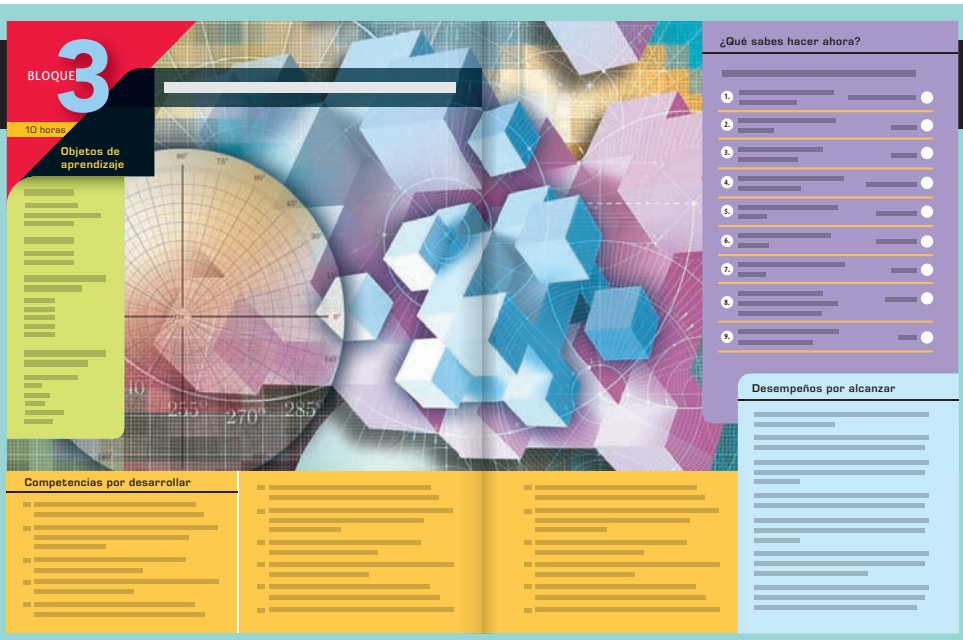
Al inicio del bloque

Objetos de aprendizaje

En los objetos de aprendizaje encontrarás los contenidos estructurados, integrados y contextualizados con una secuencia lógica y disciplinar.

Competencias por desarrollar

Se trata de un conjunto de competencias disciplinares por lograr en cada bloque, mismas que te permiten demostrar la capacidad que tienes para aplicar tus conocimientos en situaciones de la vida personal o social.



Desempeños por alcanzar

Éstos son los que se espera que logres al finalizar cada bloque.

¿Qué sabes hacer ahora?

Esta sección es una propuesta de evaluación diagnóstica.



Situación didáctica *¿Cómo lo resolverías?*

Al inicio de cada bloque encontrarás una situación por resolver que posibilitará que adquieras un conocimiento y desarrolles tus competencias a través de un reto.

Secuencia didáctica *¿Qué tienes que hacer?*

Es una guía útil que plantea una serie de pasos para que organices las actividades que vayas a realizar de manera individual o en equipo. Esta metodología describe los procesos y etapas para obtener éxitos o resultados al resolver un problema, realizar un experimento, un proyecto, etcétera.

Rúbrica *¿Cómo sabes que lo hiciste bien?*

Te posibilita valorar de manera práctica y concreta los desempeños, actitudes, procedimientos y conocimientos adquiridos y los que necesitas reforzar.

Características constantes a lo largo de los bloques de la serie

Notarás que en algunos temas importantes aparecen una serie de iconos acompañando a los títulos; éstos te indican la existencia de materiales auxiliares para tu aprendizaje, los cuales puedes consultar o descargar de **SALI**, el sitio que Editorial Patria ha desarrollado para ti.

Portafolio de evidencias

A lo largo del texto encontrarás diferentes sugerencias y actividades que, una vez realizadas, te permitirán construir un gran número de evidencias, algunas escritas, otras a través de la exposición de temas o presentación de productos.

Recursos en línea

- Videos para reforzar temas difíciles
- Documentos adicionales para impresión
- Audios para reforzar temas y pronunciación

Recursos docentes

- Guías para el docente
- Estrategias docentes



Actividad de aprendizaje

A lo largo del libro encontrarás diferentes actividades de aprendizaje, que buscan reforzar los conocimientos y competencias adquiridas.

Uso de TIC

Constituyen un incentivo para utilizar los recursos tecnológicos, con la finalidad de construir aprendizaje significativo.

Aplica lo que sabes

Actividades para que apliques tus conocimientos en situaciones de la vida diaria y analices problemáticas de tu comunidad y el mundo en general, y a la vez reflexiones sobre propuestas así como mejoras.

Para tu reflexión

Interesantes lecturas adicionales, útiles notas informativas y datos importantes que te permiten reflexionar y visualizar diferentes perspectivas de una misma situación, así como contextualizar fenómenos y hechos.

Talleres y actividades experimentales

Brindan experiencias de aprendizaje, además de estimular y fomentar el aprendizaje cooperativo durante el trabajo en equipo.

Ejercicios

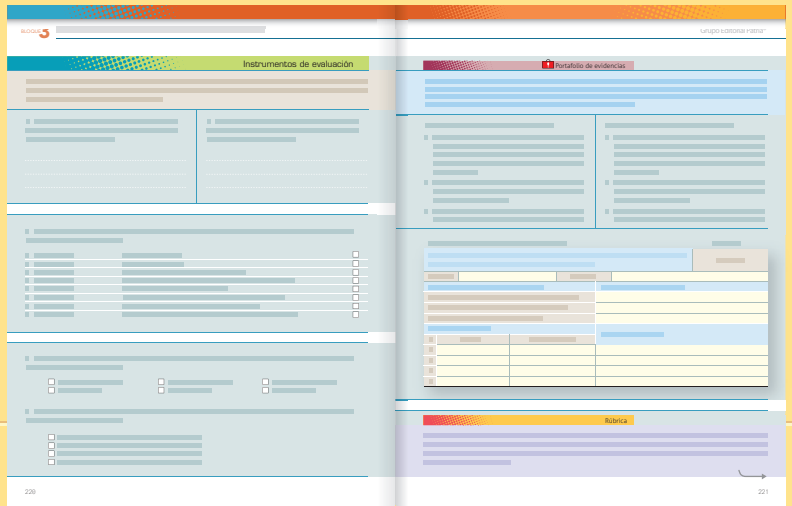
Consolidan los conocimientos y propician seguridad y destreza durante el aprendizaje.

Ejemplos

Los ejemplos tienen la finalidad de propiciar y facilitar tu aprendizaje.

- Líneas de tiempo
- Esquemas
- Mapas conceptuales
- Organizadores gráficos
- Tablas

Al final del bloque



Instrumentos de evaluación

Son un conjunto de acciones y propuestas que te permitirán hacer una recolección, sistematización y análisis de los desempeños y logros obtenidos a través del trabajo que realices durante cada bloque. Éstos, junto con el portafolio de evidencias, te ayudarán a obtener mejores resultados en las prácticas de evaluación que realice tu profesor.

Portafolio de evidencias

Encontrarás un modelo para que integres un portafolio de evidencias que te posibilite reunir los productos que indique tu profesor.

- Cuestionarios
- Listas de cotejo
- Rúbricas
- Guías de observación

En las páginas finales del libro

Para los estudiantes que desean saber más se agrega una breve **bibliografía** y **direcciones electrónicas** recomendadas, que tienen como finalidad fortalecer el autoaprendizaje. También se incluye un **glosario** de términos básicos, para utilizar de manera apropiada los conceptos propios de cada materia.

BLOQUE 1

Reconoces el lenguaje técnico básico de la física

20 horas

Objetos de aprendizaje

1.1 Método científico.

1.2 Magnitudes físicas y su medición.

1.3 Notación científica.

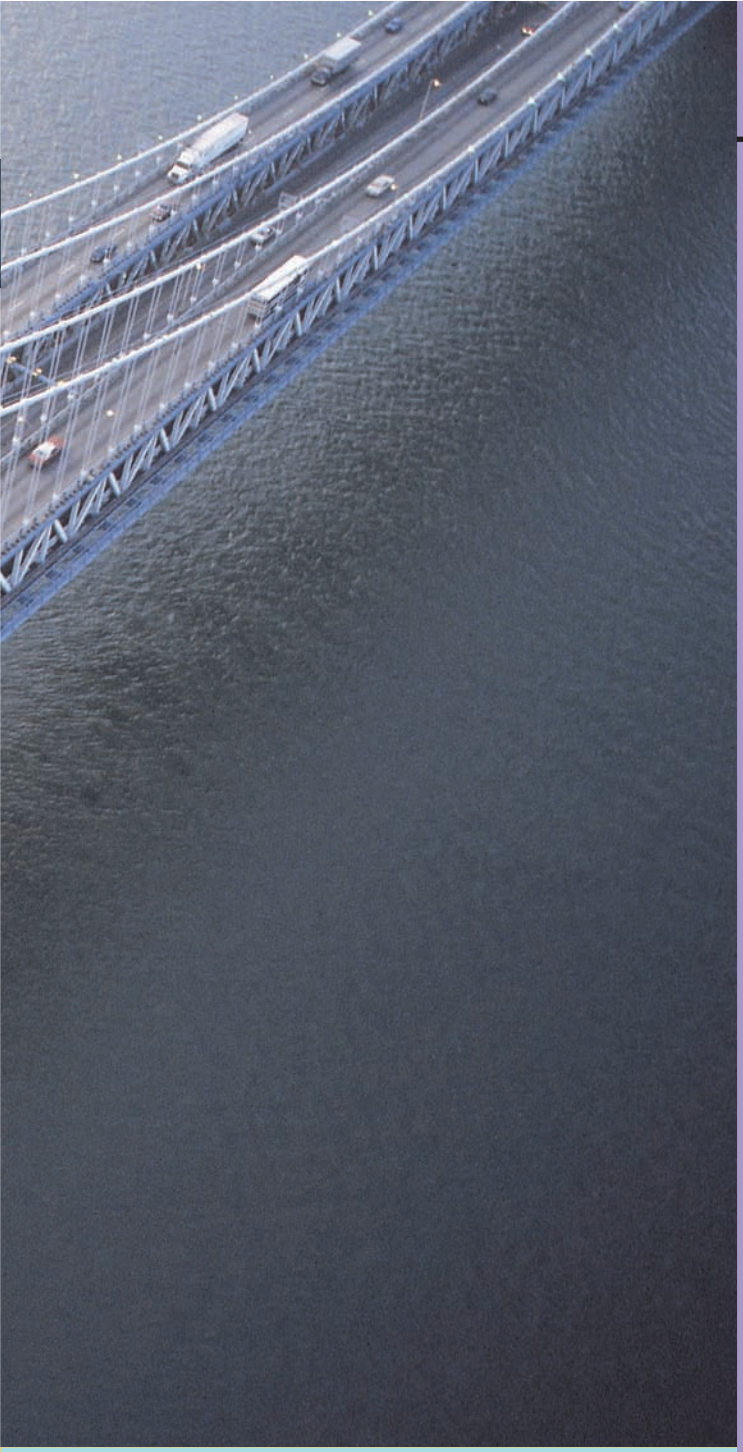
1.4 Instrumentos de medición.

1.5 Vectores.



Competencias por desarrollar

- Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos mediante la historia de la Física y sus aportaciones a través del tiempo.
- Contrasta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana haciendo uso de diferentes magnitudes físicas e instrumentos de medición.
- Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas a través del método científico.
- Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.
- Explica el funcionamiento de un instrumento de medición de uso común a partir de nociones científicas.
- Relaciona el movimiento lineal con un sistema de vectores.



Desempeños por alcanzar

- Identificas la importancia de los métodos de investigación y su relevancia en el desarrollo de la ciencia como la solución de problemas cotidianos.
- Reconoces y comprendes el uso de las magnitudes físicas y su medición como herramientas de uso en la actividad científica de tu entorno.
- Interpretas el uso de la notación científica y de los prefijos como una herramienta de uso que te permita representar números enteros y decimales.
- Identificas las características y propiedades de los vectores que te permitan su manejo y aplicación en la solución de problemas cotidianos.

¿Qué sabes hacer ahora?

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

1. Describe un mínimo de dos daños ocasionados por el mal uso de la ciencia, que conozcas de manera directa o hayas tenido conocimiento por los medios de comunicación.
2. ¿Qué beneficios obtienes de manera directa y que son producto de la aplicación del conocimiento científico y/o de la tecnología?
3. ¿Consideras que muchos de los conocimientos que la física proporciona son útiles en tu vida cotidiana?
4. Describe tres mediciones de magnitudes físicas que realizas con mayor frecuencia y cómo las haces.
5. Describe brevemente cómo te imaginas que es la vida de un investigador científico.
6. Un muchacho mide 4.3 pies. ¿A cuántos metros equivale?
7. ¿Qué sistema de unidades utilizas con mayor frecuencia?
8. Si se es muy cuidadoso, ¿se puede obtener la medida exacta de la longitud de una mesa? Sí o no y ¿por qué?
9. Un auto de carreras lleva una magnitud de velocidad de 270 km/h. ¿Cuántos m/s son?
10. Dibuja tres fuerzas colineales, así como dos fuerzas angulares o concurrentes. Asígnales valores e indica la escala que estás usando para representarlas.

Coevaluación e intercambio de ideas y aprendizajes

Una vez que has respondido espera la indicación de tu profesor(a) para intercambiar tus respuestas con las de otro compañero o compañera. Después de leer sus respectivas respuestas, pónganse de acuerdo y respondan nuevamente las preguntas. Participen con el resto del grupo en su exposición y discusión. Elaboren en su cuaderno una tabla como la que les mostramos para llevar el registro de sus conocimientos actuales y futuros.

Lo que estamos seguros que sabemos	Lo que no estamos seguros de saber o no sabemos y queremos saber	Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)

Situación didáctica ¿Cómo lo resolverías?

¿A qué atribuyes que se haya propiciado un desarrollo acelerado del mundo digital?







Secuencia didáctica ¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de acciones que debes seguir para contestar la problemática de la pregunta formulada. Es importante que las realices en forma entusiasta, propositiva, reflexiva, clara y objetiva, de tal manera que esta experiencia resulte útil para fortalecer tu aprendizaje, reconocer tus debilidades para superarlas y tus fortalezas para beneficiarte de ellas.

Escribe de manera breve en tu cuaderno las siguientes cuestiones:

1. ¿Cómo consideras que sería tu vida actual sin el uso de la radio, teléfono fijo, teléfono móvil, televisión, reproductor de CD, DVD y computadora?
2. ¿Qué inventos te gustaría que se hicieran para tu beneficio y satisfacción?
3. ¿Cómo consideras que es el trabajo cotidiano que realizan científicos, ingenieros y técnicos especializados, para hacer posible el invento de un aparato o dispositivo eléctrico o uno electrónico?
4. ¿A qué atribuyes el notable avance de la ciencia, la tecnología y el mundo digital que se está dando actualmente?
5. ¿Usas las redes sociales? Si la respuesta es afirmativa, describe para qué las utilizas y de qué manera te proteges para que no te hagan daño.
6. ¿Qué desventajas y peligros sabes que se han presentado y cuáles se pueden presentar como resultado de hacer un mal uso de los avances científicos y tecnológicos?
7. ¿Con qué propósitos o fines utilizas Internet?
8. De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) forma un equipo, para que investiguen vía Internet lo siguiente:
   a. ¿Cuál es el funcionamiento básico de una computadora?
   b. ¿Cuál es el funcionamiento básico de un teléfono fijo?
   c. ¿Cuál es el funcionamiento básico de un teléfono celular o móvil?
   d. ¿Qué funciones pueden realizarse por medio del uso de teléfonos celulares de última generación, también llamados inteligentes?
   e. ¿Qué hace posible que podamos ver películas en tercera dimensión?
   f. Describan un mínimo de tres aplicaciones de aparatos y equipos electrónicos en la medicina.
9. Previo acuerdo entre todo el equipo, elaboren en cartulinas, papel rotafolio, diapositivas o en un programa de la computadora, un resumen de la investigación que realizaron, incluyan las figuras o imágenes que consideren necesarias.
10. De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), realiza lo siguiente:
    a. Intercambia con un compañero o compañera las ocho respuestas que escribiste en tu cuaderno. Compartan ideas y conocimientos, de tal manera que den una respuesta en común a dichas cuestiones. Escríbanlas en su cuaderno y participen con las demás parejas del grupo para comentarlas, enriquecerlas y llegar a conclusiones entre todos.
    b. Participen de manera organizada todos los integrantes del equipo en la exposición ante los demás equipos del resumen de la investigación que realizaron. El intercambio de ideas, experiencias y conocimientos adquiridos, contribuirá a enriquecer su aprendizaje.

Rúbrica ¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Criterios que debes considerar para resolver la situación didáctica y que serán de utilidad para que tú mismo y tu profesor(a) pueda evaluar tu desempeño:

1. Para dar tu respuesta, debes reflexionar cómo sería tu vida actual sin el uso de la radio, teléfono fijo, teléfono celular o móvil, televisión, reproductor de CD, DVD y computadora, las ventajas y desventajas de su uso, en tu convivencia diaria con compañeros, amigos y familia.
2. Los inventos que te gustaría que se realizaran deben ser aquellos que te proporcionen una mejor calidad de vida.
3. En la descripción del trabajo cotidiano de un científico, ingeniero o un técnico profesional, cuya actividad está dedicada a inventar aparatos o dispositivos, señala cómo consideras que es un día de su vida tanto en el aspecto familiar como laboral.
4. Reflexiona y argumenta a qué atribuyes el notable avance de la ciencia y la tecnología, y si consideras que es obra de unos cuantos seres superdotados o es el cúmulo de experiencias, desvelo, esfuerzo, triunfos y fracasos de muchas personas de diversas nacionalidades y épocas.
5. Señala el uso que haces de las redes sociales, qué beneficio te representan y qué peligros corres si no las utilizas adecuadamente. En caso de no utilizarlas indica la razón.
6. De las desventajas y peligros que se han presentado o se pueden presentar como resultado de un mal uso de la ciencia y la tecnología, describe, si es el caso, aquellos que de manera directa o muy cercana has vivido u observado. Para tu respuesta, consulta fuentes de información y entrevista a personas relacionadas con la investigación científica y tecnológica, así como especialistas en sistemas informáticos.
7. Describe qué usos le das a Internet y qué beneficios obtienes al hacerlo.
8. El resumen de su investigación debe ser breve y sustancioso y debe formar parte de tu portafolio de evidencias, ya sea en tu carpeta física o en una carpeta creada en tu computadora.

Autoevaluación

Con el propósito de reflexionar acerca de los resultados obtenidos después de realizar la situación didáctica, responde en tu cuaderno lo siguiente:

1. Pude establecer las dudas que me fueron surgiendo al responder las preguntas de los siete incisos anteriores. Dichas dudas fueron las siguientes (descríbelas). Lo que hice para resolverlas fue lo siguiente (descríbelo).
2. En las consultas vía Internet que realicé ¿identifiqué las palabras o conceptos que no comprendí? En caso afirmativo, ¿cuáles fueron? ¿Qué hice para poder comprenderlas?
3. Identifiqué las ventajas y desventajas del avance de la ciencia, la tecnología y el mundo digital en mi vida cotidiana y principalmente son las siguientes (descríbelas).
4. ¿Qué problemas me surgieron para realizar la actividad y de qué manera los resolví? (descríbelo).
5. ¿Me resultó interesante la investigación que realicé? Sí o no y ¿por qué?
6. ¿Participé de manera respetuosa y comprometida en el intercambio de ideas, experiencias y conocimientos adquiridos con mis compañeros de equipo y de los demás equipos? Sí o no y ¿por qué?

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), intercambia con un compañero o compañera, las respuestas que dieron a las seis preguntas anteriores, lean sus respectivas respuestas y después, intercambien entre ustedes, comentarios, ideas, experiencias y aprendizajes adquiridos. Contesten de común acuerdo las mismas preguntas y participen con las demás parejas del grupo exponiéndolas y comentándolas para obtener conclusiones. Esta actividad les posibilitará enriquecer sus conocimientos.

Portafolio de evidencias

Recomendaciones para hacer tu portafolio de evidencias

- En una carpeta tamaño oficio o carta, pon una etiqueta con el título de Física 1, tu nombre y grupo, para que guardes en ella tus resúmenes e investigaciones realizadas, las dudas que te vayan surgiendo durante tu aprendizaje y las respuestas que estás encontrando a ellas. Identifícalos anotando el bloque, tema y subtema al que corresponden. Preséntaselo a tu profesor(a) cuando te lo indique.

  Si tienes computadora en casa, crea una carpeta con el título Física 1, dentro de la carpeta crea otra que contenga tu nombre, el bloque, tema y subtema; guarda en ella las evidencias que te indique tu profesor(a). Cuando te lo solicite, muéstrale tus archivos.

Introducción

La física y su impacto en la ciencia y la tecnología

La física es una de las ciencias naturales que más ha contribuido al desarrollo y bienestar del hombre, porque gracias a su estudio e investigación ha sido posible encontrar, en múltiples casos, una explicación clara y útil de los fenómenos que se presentan en nuestra vida diaria.

La palabra física proviene del vocablo griego *physiké*, cuyo significado es "naturaleza". La física es, ante todo, una ciencia experimental, pues sus principios y leyes se fundamentan en la experiencia adquirida al reproducir de manera intencional muchos de los fenómenos naturales. Al aplicar el método científico experimental, existe la posibilidad de encontrar respuestas concretas y satisfactorias, con el fin de comprender cada día más el mundo en el que vivimos. El estudio de la física es importante para todo ser humano deseoso de conocer el medio en que vive y que quiera explicarse el porqué de los múltiples fenómenos que observa. Gran parte de los fenómenos de la naturaleza (Fig. 1.1), ya sean simples o complejos, tienen explicación en el campo de la física, por tanto, esta ciencia auxilia al hombre para adquirir un conocimiento más amplio del universo y una mejor calidad de vida.



Figura 1.1
Para realizar observaciones de los astros, los mayas construyeron el edificio denominado el Caracol, en Chichén-Itzá, Yucatán.

La tarea de encontrar una definición clara y precisa acerca de **qué es la física** no es fácil, toda vez que ésta abarca el estudio de numerosos fenómenos naturales; sin embargo, podemos decir de manera tentativa que:

> La física es la ciencia que se encarga de estudiar los fenómenos naturales, en los cuales no existen cambios en la composición de la materia.

La física ha experimentado un gran desarrollo gracias al esfuerzo de notables investigadores y científicos, quienes al inventar y perfeccionar instrumentos, aparatos y equipos, han logrado la agudización de las percepciones del hombre, para detectar, observar y analizar fenómenos y acontecimientos presentes en el universo.

Los telescopios, radiotelescopios, radares, microscopios electrónicos (Fig. 1.2), aceleradores de partículas y satélites artificiales (Fig. 1.3), entre otros dispositivos, son importantes aportaciones de la física a la tecnología y otras ciencias, entre las cuales se cuentan la medicina, la biología, la química, la astronomía y la geografía.



Figura 1.2
Por medio del microscopio electrónico es posible observar microorganismos como virus o bacterias.



Figura 1.3
Los satélites artificiales tienen múltiples usos, como son la meteorología, telecomunicaciones, astronomía y militares.

Las aportaciones de la física han posibilitado la construcción de puentes, carreteras, edificios, complejos industriales, aparatos utilizados en la medicina, como el que produce rayos láser y que se utiliza como un bisturí para cirugías de los ojos, el corazón o el hígado, aparatos de radiotelecomunicación, computadoras, y lo que actualmente nos maravilla: la exploración del universo mediante las naves espaciales (Fig. 1.4).

La física es la ciencia de la medición por excelencia, ya que su amplio desarrollo se debe fundamentalmente a su capacidad de cuantificar las principales características de los fenómenos. Cuando el hombre logra medir un fenómeno, se acerca de manera



Figura 1.4
Las naves espaciales posibilitan la exploración del Universo.

notable a la comprensión del mismo, y puede utilizar esos conocimientos para mejorar su calidad de vida, facilitando la realización de pequeñas y grandes obras que de otra manera serían imposibles.

A medida que el hombre primitivo desarrolló su inteligencia, sintió la necesidad de explicarse el porqué de las cosas que sucedían a su alrededor y encontrar respuestas a sus interrogantes: ¿por qué se suceden el día y la noche? ¿Por qué existen el frío y el calor? ¿Por qué llueve? ¿Qué son los truenos? ¿Qué es el viento? ¿Por qué vuelan los pájaros? ¿Qué es la Luna? ¿Qué es el Sol? ¿Por qué tiembla? ¿Qué son los eclipses? ¿Qué son las estrellas? Éstas y otras cuestiones eran un verdadero misterio antes de que el estudio de la física contribuyera a proporcionar una respuesta. Sin embargo, no todo está resuelto, pues aún en nuestros días no se tiene absoluta certeza sobre: ¿Qué es la materia? ¿Qué es la luz? ¿Existe vida en otros planetas? ¿Qué somos? ¿De dónde venimos? Con los avances de la física, y la ciencia en general, confiamos en que algún día el hombre podrá responder de manera satisfactoria estas preguntas.

Si deseas profundizar en estos temas, visita nuestra página web www.sali.org.mx donde encontrarás el archivo de video: "La Física y su importancia como ciencia.mp4".

Para tu reflexión

vLa tecnología de los alimentos, ciencia multidisciplinaria

La tecnología de los alimentos es un claro ejemplo de una ciencia multidisciplinaria, que se apoya en la física, la química y la biología, para encontrar los mecanismos más convenientes que posibiliten la protección de los alimentos contra los microbios y otros agentes responsables de su deterioro; de tal manera que su consumo, ya sea inmediato o a futuro, no presente ningún riesgo en la salud del consumidor. También se encarga del desarrollo de nuevos y mejores productos alimentarios. La tecnología de los alimentos trata lo referente a la composición, propiedades y comportamiento de los alimentos, a partir de los centros de producción, y de su calidad en el momento de su consumo. Los científicos y técnicos en alimentos son los responsables de que éstos sean sanos, nutritivos y de alta calidad.

Los alimentos en conserva (Fig. 1.5) deben mantener su valor nutritivo original, así como su aspecto, sabor y textura.



Figura 1.5
El enlatado es uno de los métodos utilizados para la conservación de los alimentos.

Para tu reflexión

La física y sus aplicaciones

Seguramente ya has meditado acerca de los grandes descubrimientos que el hombre ha hecho hasta nuestros días, y sus aplicaciones en la ciencia y la tecnología, pero también reconocerás que falta mucho por hacer, descubrir e inventar, pues cada día el hombre se esfuerza por obtener máquinas más eficaces, que reduzcan el consumo de energía, construir aviones que desarrollen mayores velocidades con menores riesgos, equipos que hagan posible tratar enfermedades hasta hoy incurables como el cáncer, aparatos y dispositivos que ayuden a los discapacitados a realizar sus actividades con menor esfuerzo, sistemas de computación cada vez más útiles y económicos, submarinos más resistentes y perfeccionados que faciliten la investigación a mayores profundidades en los océanos, naves espaciales para realizar viajes con menores posibilidades de accidentes a planetas más lejanos.



Figura 1.6
Tren bala circulando cerca del volcán Fuji en Japón.

En fin, tú, joven lector, estás en condiciones de vivir un siglo XXI muy prometedor, mientras la ciencia sea utilizada para el bienestar de la humanidad y no para su autodestrucción.

Historia de la física

La física tiene sus orígenes en la Grecia antigua, en donde se trató de explicar el origen del universo y el movimiento de los planetas. **Leucipo** y **Demócrito**, 500 años a.C., pensaban que todas las cosas que nos rodean, es decir, **la materia, estaban constituidas por pequeñas partículas**. Sin embargo, otros pensadores griegos como Empédocles, quien nació unos 500 años a. C., sostenían que la materia estaba constituida por cuatro elementos básicos: **tierra, aire, fuego y agua** (Fig. 1.7).



Figura 1.7
Empédocles propuso la teoría de los "cuatro elementos" al considerar que la materia estaba constituida por: aire, agua, tierra y fuego.

Hacia el año 300 a.C, **Aristarco ya consideraba que la Tierra se movía alrededor del Sol**. Sin embargo, durante cientos de años predominó la idea de que nuestro planeta era el centro del universo, que este último carecía de movimiento; además, que todos los planetas y estrellas giraban en torno al mundo que habitamos. Alrededor del año 1500 de nuestra era, se desarrolló un gran interés por la ciencia, y entonces **Galileo Galilei,** científico italiano, **llegó a comprobar que la Tierra giraba alrededor del Sol,** como sostenía Copérnico, un astrónomo polaco. Aún más, Galileo construyó su propio telescopio y demostró que las estrellas se encontraban a distancias fabulosas y que, debido a ello, la mayor parte resultaba invisible al ojo humano. También descubrió manchas en el Sol, mismas que al desplazarse lentamente demostraban que éste giraba sobre su propio eje. Sin embargo, en Roma, la Santa Inquisición obligó a Galileo a retractarse de estas afirmaciones, las cuales chocaban completamente con las ideas religiosas contenidas en las Sagradas Escrituras. Galileo pasó sus últimos días en el retiro y murió en **1642**, el mismo año del nacimiento de Isaac Newton, científico inglés que describió el movimiento de los cuerpos celestes por medio de su ley de la **gravitación universal**. Explicó que **la fuerza de atracción llamada gravedad, que existe entre dos objetos cualesquiera, hace que las cosas caigan al suelo y se mantengan sobre la Tierra**, de la misma manera en que el Sol retiene a los planetas que giran a su alrededor (Fig. 1.8).



Figura 1.8
Isaac Newton explicó que debido a la fuerza de atracción gravitacional, el Sol retiene a los planetas girando en su alrededor.

En el siglo XVIII se inició el estudio de la termodinámica, rama de la física que se encarga del estudio de la transformación del calor en trabajo, y viceversa. Benjamín Thomson, conde de Rumford, propuso que **el calentamiento causado por la fricción se debía a la conversión de energía mecánica en energía térmica**.

Termodinámica Estudia la transformación del calor en trabajo, y viceversa.

En 1820, el físico danés Hans Christian Oersted descubrió que cuando una corriente eléctrica circula por un conductor, alrededor de éste se genera un campo magnético parecido al de un imán. Este hecho dio nacimiento al **electromagnetismo**, que estudia las relaciones mutuas entre la electricidad y el magnetismo. **En 1831**, el físico y químico inglés Michael Faraday descubrió las **corrientes eléctricas inducidas,** que se producen cuando se mueve un conductor en sentido transversal (perpendicular) a las líneas de flujo de un campo magnético. Faraday enunció el siguiente principio: **la inducción electromagnética es el fenómeno que provoca la generación de una corriente eléctrica inducida, como resultado de la variación de flujo magnético, debido al movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético**. En la actualidad, casi toda la energía que se consume en nuestros hogares, comercios, fábricas, escuelas y oficinas, se obtiene de la inducción electromagnética. En todo el mundo existen generadores eléctricos cuyas turbinas son movidas por agua en estado líquido o en forma de vapor, en los cuales enormes bobinas giran entre los polos de potentes imanes y generan grandes cantidades de energía eléctrica (Fig. 1.9).

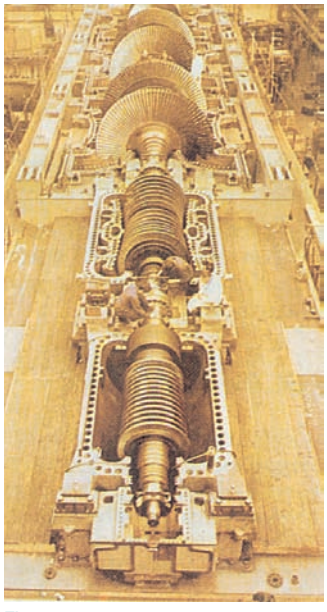


Figura 1.9
En los generadores de energía eléctrica enormes bobinas giran entre los polos de potentes imanes.

A principios del siglo XIX, **John Dalton** consideró que todas

las cosas estaban formadas por pequeñas partículas llamadas átomos, idea que fue aceptada por otros científicos, constituyéndose la **teoría atómica**; también se discurrió que los átomos se combinan para formar moléculas.

A mediados del siglo XIX, el inglés James Prescott Joule, industrial de la cerveza, después de continuar los estudios del conde Thomson, comprobó que al realizar una cantidad de trabajo se produce una cantidad equivalente de calor. **Joule estableció el principio llamado equivalente mecánico del calor,** en el cual se demuestra que cada *joule de trabajo* equivale a 0.24 calorías, y cuando una caloría de energía térmica se convierte en trabajo, es igual a 4.2 joules. Este principio hizo posible establecer la **ley de la conservación de la energía**, la cual indica que la energía existente en el universo es una cantidad constante, que no se crea ni se destruye, sólo se transforma.

También **a mediados del siglo XIX**, el físico escocés James Clerk Maxwell fue el primero en proponer que la luz está conformada por ondas electromagnéticas, las cuales se pueden propagar en el vacío sin necesidad de un medio material. Maxwell consideró lo siguiente: así como un campo magnético variable genera un campo eléctrico, también es posible que un campo eléctrico variable produzca uno magnético, de manera que una sucesión repetida de éstos produce una perturbación electromagnética, en la que uno es generador del otro. Hoy sabemos que la diferencia básica entre los diferentes tipos de radiación que constituyen el llamado **espectro electromagnético** se debe a su frecuencia, o a su correspondiente longitud de onda.

A finales del siglo XIX, el físico francés Henri Becquerel descubrió la radiactividad, al observar que los átomos del elemento uranio desprendían partículas más pequeñas, con lo cual consideró que **el átomo no era la partícula más pequeña, sino que estaba constituido, además, por otras partículas**. Esto motivó que se realizaran más experimentos atómicos como los de **Thomson, Rutherford y Bohr, que concluyeron en describir al átomo como un pequeño sistema solar**: así como los planetas giran alrededor del Sol, en el átomo, los electrones de carga negativa giran alrededor del núcleo, el cual se compone de protones con carga positiva y neutrones sin carga eléctrica (Fig. 1.10).

Los descubrimientos de la radiactividad abrieron un nuevo campo: la **física atómica,** encargada de estudiar **la constitución del átomo**. Así, aparecieron las teorías de los cuantos de Planck, de la relatividad de Einstein, y de la mecánica ondulatoria de De Broglie. En la actualidad, el descubrimiento de nuevas partículas de vida media muy breve ha dado origen a la **física nuclear, cuyo objetivo es descubrir la constitución del núcleo atómico en su totalidad**.

División de la física

La física, para su estudio, se divide en dos grandes grupos: física clásica y física moderna. La primera estudia todos aquellos fenómenos en los cuales la velocidad es muy pequeña, comparada con la velocidad de propagación de la luz y cuyas escalas espaciales son muy superiores al tamaño de átomos y moléculas; la segunda se encarga de todos aquellos fenómenos producidos a la velocidad de la luz, o con valores cercanos a ella, y con los fenómenos relacionados con el comportamiento y estructura del átomo y del núcleo atómico. Pero, ¿qué entendemos por velocidad muy pequeña comparada con la velocidad de la luz? La velocidad de la luz en el vacío es aproximadamente de 300 mil km/s, esto quiere decir que si un rayo de luz emitido por una fuente luminosa viajara alrededor de la Tierra, cuya circunferencia es equivalente a una longitud de 40 mil kilómetros, el rayo de luz sería capaz de dar ¡siete vueltas y media alrededor de ella en un solo segundo! Comparando la velocidad de la luz con la de un automóvil de carreras que alcanza velocidades en línea recta cercanas a los 320 km/h, o la de un avión que vuela a 1 000 km/h, podemos comprender fácilmente que estas velocidades, para nosotros altas, en realidad son muy pequeñas al compararlas con la de la luz. En general, las velocidades alcanzadas por las motocicletas, automóviles y aviones, aunque sean muy veloces, siempre resultarán mínimas al compararlas con la de la luz. En la figura 1.11 se observan las ramas de la física clásica y la física moderna.

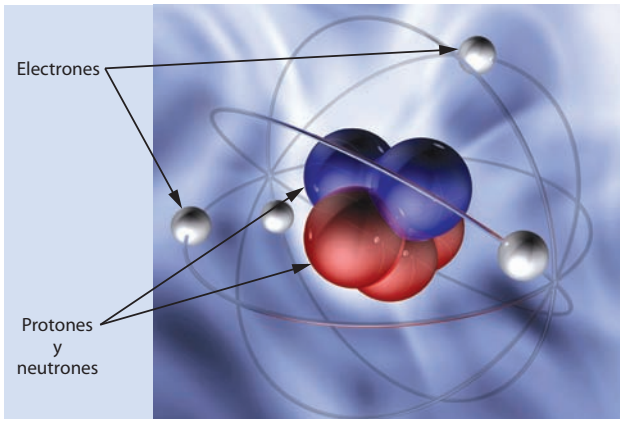


Figura 1.10
Todo objeto como una piedra, metal, aire o tú mismo, está constituido por átomos.

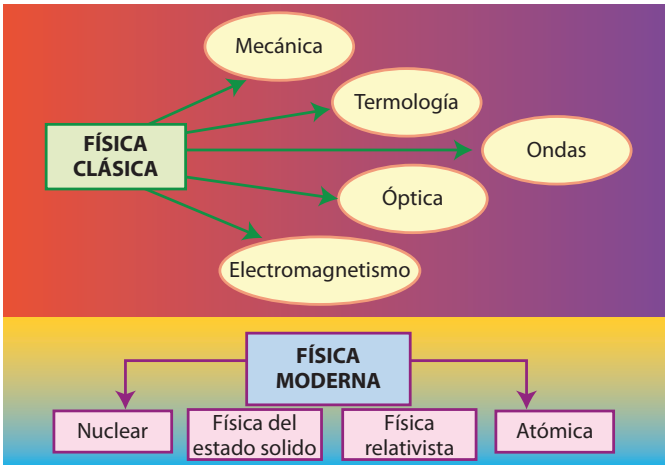


Figura 1.11
División de la física para su estudio.

1.1 Método científico

La ciencia es un conjunto de conocimientos razonados y sistematizados, opuestos al conocimiento vulgar. El hombre, en su afán de lograr el conocimiento de las cosas con base en los principios y las causas que les dan origen, ha logrado el desarrollo constante de la ciencia; por ello, podemos afirmar que la ciencia es uno de los productos más elaborados de la actividad del ser humano, pues a través de ella el hombre ha comprendido, profundizado, explicado y ejercido un control sobre muchos de los procesos naturales y sociales.

Las principales características de la ciencia son las siguientes:

a) **Es sistematizable**, es decir, emplea un método, que es el científico, para sus investigaciones, evitando dejar al azar la explicación del porqué de las cosas.

b) **Es comprobable**, esto es, se puede verificar si es falso o verdadero lo que se propone como conocimiento.

c) **Es falible**, es decir, sus enunciados de ninguna manera deben ser considerados como verdades absolutas, sino por el contrario, constantemente sufren modificaciones e incluso correcciones, a medida que el hombre incrementa sus conocimientos y mejora la calidad y precisión de sus instrumentos.

La ciencia se divide para su estudio en dos grandes grupos:

1. **Ciencias formales**. Son aquellas que estudian ideas, como es el caso de la **lógica** y las **matemáticas**. La característica principal de estas ciencias es que demuestran o prueban sus enunciados con base en principios lógicos o matemáticos, pero no los ratifican por medio de experimentos.
2. **Ciencias factuales.** Se encargan de estudiar hechos, ya sean naturales (Fig. 1.12), como es el caso de la física, química, biología y geografía física, que se caracterizan porque estudian hechos con causa y efecto. O bien, estudian hechos humanos o sociales, como es el caso de la historia, sociología, psicología social y economía, cuya característica estriba en que estudian hechos de imputación, debido a que las teorías o hipótesis son atribuibles a los investigadores que han realizado dichos estudios. En general, las ciencias factuales comprueban, mediante la observación y la experimentación, sus hipótesis, teorías o leyes.



Figura 1.12
Los rayos son un fenómeno natural y son estudiados por las ciencias factuales.

Revisemos algunos ejemplos de fenómenos naturales: Al frotarnos las manos, generamos calor, el cual se disipa en el ambiente; la frotación es la causa, y la generación de calor es el efecto; esto lo estudia la física, ya que es un fenómeno natural en el cual no hay ningún cambio en la composición de la materia (Fig. 1.13). La química, por su parte, estudia los fenómenos en los cuales sí hay un cambio en la constitución de la materia, tal es el caso de una reacción química, en la que el producto obtenido es distinto a los reactivos o sustancias iniciales que intervinieron en la reacción (Fig. 1.14). La biología se ocupa de estudiar a los seres vivos y los cambios que se producen en ellos, mientras que la geografía física nos posibilita comprender la naturaleza del medio que nos rodea, apoyándose en la astronomía, la meteorología, la oceanografía y la geodesia; esta última estudia la forma de la Tierra y la medición de su superficie.



Figura 1.13
Cuando se frota una superficie con un trozo de madera se produce calor. La fricción es un ejemplo de fenómeno físico.

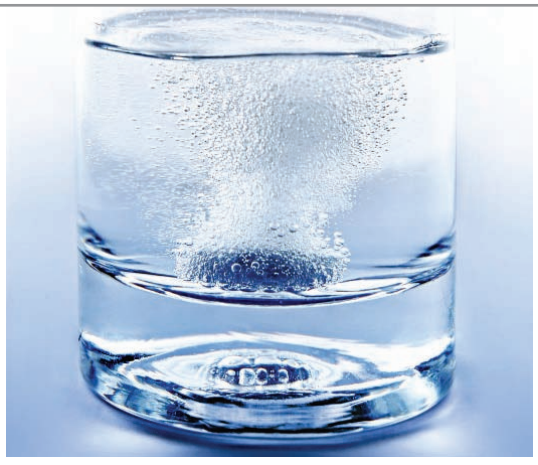


Figura 1.14
En toda reacción química, la materia se transforma y se producen nuevas sustancias, lo que da origen a un fenómeno químico.

Características del método científico

El conocimiento científico se relaciona íntimamente con todo lo que existe en el universo. En ocasiones, el punto de partida de una investigación científica es la curiosidad del ser humano.

La especie humana se ha caracterizado por la continua búsqueda de respuestas a la gran cantidad de preguntas que se ha hecho a medida que su inteligencia se ha desarrollado. En esa necesidad de conocimiento, la ciencia representa un papel fundamental. Por ello, podemos decir que **todo conocimiento es una respuesta a una pregunta**. Las preguntas surgen de la acción de los individuos en su entorno, y su progreso se debe a la observación científica de los fenómenos que ocurren en la naturaleza.

A los científicos les interesa descubrir cómo y por qué ocurren las cosas, buscan explicación a los fenómenos del mundo. Pero esto es sólo una parte de la historia, ya que los objetivos de la ciencia son rebasar las fronteras de lo inmediato, al averiguar cómo está constituido el universo y comprender las relaciones que existen entre las cosas.

Sin embargo, no existe un procedimiento que pueda ser utilizado por los científicos para resolver todos los problemas, pues de ser así, estaría todo descubierto o inventado. Por tanto, **no existe un método científico único** capaz de proporcionar una fórmula o un procedimiento que conduzca sin fallo a un descubrimiento. En conclusión, **si como método se entiende el camino hacia un fin, no hay uno, sino muchos métodos y muy variados**.

La investigación comienza **identificando un problema**. La observación es posterior, y lleva a formular posibles explicaciones al problema estudiado, es decir, se elaboran hipótesis.

Una **hipótesis** es una idea o conjetura para explicar por qué o cómo se produce determinado hecho o fenómeno, lo que contribuirá a resolver el problema en estudio.

Para que una conjetura sea una buena hipótesis, debe cumplir dos requisitos: estar libre de contradicciones, para luego ser sometida a comprobación. Esta última debe **contrastar la hipótesis**, la cual es el proceso de comprobar la validez de la misma.

Al elaborar una hipótesis suponemos lo siguiente:

1. La existencia de determinadas relaciones entre hechos observados.
2. La posibilidad de contrastar, con la experiencia, las consecuencias que obtendríamos de ser verdaderas las suposiciones.

Es importante resaltar que **las hipótesis científicas se originan de diversas maneras**, no hay un procedimiento definido, y tampoco existe un camino que nos posibilite inventarlas. Esto depende de la capacidad, habilidad y experiencia del investigador. Sin embargo, cuando un persistente y tenaz investigador logra comprobar que una hipótesis es cierta, además de que este hecho es importante y trascendental para la humanidad, su esfuerzo es recompensado por el reconocimiento de la sociedad en general, y el mundo científico en particular.

La ciencia no es un proceso concluido, ya que se encuentra en constante evolución y desarrollo. En nuestro país, y sobre todo en los llamados países desarrollados, existen mujeres y hombres dedicados a la investigación, que tratan de descubrir algunos de los misterios de la naturaleza: como la cura para el SIDA, el cáncer, la hepatitis, qué es la luz, qué es la energía, etc. También inventan productos nuevos: cosméticos, adornos, juguetes, televisores con mejor imagen y sonido, pantallas gigantes, pequeñas computadoras con gran capacidad de procesamiento, aparatos y equipos médicos, así como satélites para comunicaciones o de observación, entre otros.

Es importante diferenciar entre el descubrimiento y el invento. **Un descubrimiento es algo que ya existía, pero no era conocido, mientras que el invento es algo que no existía y ha sido creado para beneficio de la humanidad.**

Método científico experimental

El método científico experimental es utilizado por las ciencias factuales, ya que la lógica y las matemáticas no requieren de la experimentación para demostrar sus enunciados como en la física, la química o la biología que sí la necesitan para probar la validez de sus postulados. Por ese motivo, se experimenta modificando en forma consciente las diferentes variables involucradas en el objeto de estudio. En términos generales, y con todas las limitaciones que presenta el señalar una serie de pasos a seguir en el estudio de un fenómeno, empleando el método científico experimental se tienen como una posible secuencia los siguientes pasos:

1. Identificación del problema, es decir, el fenómeno en estudio.
2. Observación del fenómeno (Fig. 1.15).
3. Planteamiento del problema para definir claramente qué vamos a investigar del fenómeno en estudio y para qué.
4. Formulación de la hipótesis.



Figura 1.15
El microscopio electrónico ha contribuido de manera significativa en la investigación científica, al poder observarse con él cuerpos diminutos.

5. Investigación bibliográfica en libros y revistas especializadas para aprovechar, si existe, algún escrito acerca del fenómeno que se estudia, así como la comunicación con centros de investigación en el mundo, abocados al estudio del fenómeno en cuestión, ya sea de manera directa, por teléfono, fax o Internet.
6. Experimentación, se llevará a cabo mediante la modificación controlada de las distintas variables involucradas en el fenómeno en estudio. Por lo general, **se realiza mediante el empleo de un modelo que representa al fenómeno**.
7. Registro e interpretación de datos.
8. Comprobación de las hipótesis.
9. Enunciado de una teoría que explica el porqué del fenómeno, pero con ciertas limitaciones que no posibilitan hacer una generalización para todos los casos similares a nuestro fenómeno en estudio.
10. Obtención de una ley; ésta se produce cuando el afortunado y persistente investigador encuentra reglas invariables que dentro de ciertos límites rigen al fenómeno en estudio. No obstante, dicha ley estará sujeta a los nuevos descubrimientos y progresos del hombre, por lo cual, tarde o temprano, puede sufrir alguna modificación.

Por último, vale la pena recordar que no siempre es posible experimentar con todos los fenómenos naturales, pues en muchos casos, como el movimiento de planetas, eclipses, temblores, entre otros, el investigador no interviene en las causas del fenómeno en estudio. Por ello, no puede alterar de manera intencionada y controlada ninguna de las variables, sólo puede llevar a cabo su investigación científica mediante la observación sistemática y minuciosa de dichos fenómenos cuando se presentan.

Para tu reflexión

Un acercamiento con Galileo, Newton y Einstein

El científico **Galileo Galilei** (1564-1642) trascendió el paso del tiempo por sus importantes aportaciones a la ciencia, sustentadas en demostraciones experimentales. Veamos:

Las aportaciones de Galileo, aunque parten de la experiencia cotidiana, no encuentran su explicación sólo en el intelecto, como se realizaba antes de él, ya que hay eventos imposibles de observar a simple vista. Él expresó algo que nos da clara idea de su propuesta científica: "El libro de la naturaleza está escrito en caracteres geométricos". La manera en que Galileo concebía el método científico implica el estudio razonado de un fenómeno con base en la experimentación, lo que propicia su observación para validar o rechazar hipótesis. De igual manera, **consideró de gran importancia poder representar por medio de modelos matemáticos los fenómenos observados**. Fue así como el método aristotélico pudo ser superado por el **método experimental**; un método en que la teoría matemática determina la estructura de la investigación; o, como lo formulaba el mismo Galileo, un método que utiliza el lenguaje matemático (geométrico) para formular sus preguntas a la naturaleza y para interpretar sus respuestas. La vida de Galileo fue un claro ejemplo del espíritu científico. Su padre, quien era matemático, deseaba que su hijo fuera médico. En aquellos días, un médico ganaba unas treinta veces lo que podría ganar un matemático. Sin embargo, para fortuna de la ciencia, después de escuchar una conferencia de geometría, rogó a su padre que le dejara estudiar matemáticas y ciencias. De ahí en adelante no se conformaba con observar, sino que empezó a medir y a mirar todos los objetos para buscar alguna relación matemática que describiera el fenómeno con simplicidad, a la vez que contribuyera a realizar generalizaciones (Fig. 1.16).

Fue Galileo quien con sus experimentos demostró que las conclusiones que obtuvo el filósofo griego **Aristóteles** (384-322 a.C.) acerca del movimiento de los objetos estaban equivocadas, ya que éste, basándose únicamente en sus observaciones, pero sin experimentar, sostenía que un objeto sólo se puede mover de manera constante, si existe una fuerza actuando sobre él. Aún en nuestros días, para muchas personas esta afirmación es válida, pues igual que Aristóteles observan que un objeto cualquiera como una mesa, una silla, un ladrillo o un ropero, para seguir en movimiento se les debe aplicar una fuerza, y en el momento en que ésta se deja de aplicar se detienen.

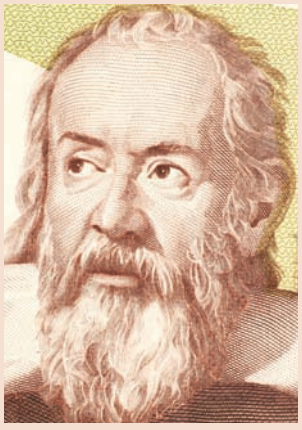


Figura 1.16
Galileo Galilei es considerado como el iniciador de la experimentación en el estudio de la ciencia.

Galileo identificó que los objetos se detienen porque existe una fuerza de fricción entre ellos y el suelo que se opone a su movimiento; sin embargo, si la fuerza de fricción dejara de existir, al tenerse una superficie totalmente lisa y sin resistencia del aire, al darle un empujón, por ejemplo, a una mesa, ésta continuaría de manera indefinida en movimiento, recorriendo distancias iguales en tiempos iguales, es decir, a la misma velocidad.

El físico inglés **Isaac Newton** (1643-1727) utilizó los estudios previos realizados por Galileo y enunció su **primera ley de la mecánica** o **ley de la inercia**, en la que señala que ningún objeto por sí mismo puede modificar su estado de reposo o de movimiento, ya que para hacerlo se requiere la manifestación de una fuerza que actúe sobre él.

El científico alemán, nacionalizado estadounidense (Fig. 1.17) **Albert Einstein** (1879-1955), afirmó:

"En mi opinión, los más grandes genios creativos son Galileo y Newton, a quienes veo, en cierto sentido, como una sola perso-



Figura 1.17
Albert Einstein fue uno de los científicos que mayores contribuciones ha hecho a la ciencia.

na". Galileo, por un lado, inicia el alejamiento propiamente dicho de los mitos y leyendas y establece las bases para la ciencia. Newton, por su parte, reafirma tal camino con admirable entrega. Estos dos fueron los primeros en crear un sistema para la mecánica, fundado en pocas leyes, que dan una teoría general del movimiento, las cuales representan todos los fenómenos de nuestro mundo.

Aplica lo que sabes

Ahora, realiza lo siguiente:

Haz una nueva lectura del tema **Método científico**, en lo que respecta a:

- La ciencia, concepto, características y división.
- Características del método científico y del método científico experimental.

Elabora, primero en tu cuaderno y después en cartulinas, los esquemas didácticos que consideres necesarios, en los que se visualicen los conceptos involucrados y las relaciones jerárquicas entre dichos conceptos.

Con la supervisión de tu profesor, comparte y compara con tus compañeros tus esquemas didácticos, enriquécelos o ayuda a que otros lo hagan.

Actividad experimental 1

Obtención de una ley física

Objetivo

Obtener una ley física como resultado de experimentar con las deformaciones sufridas por un cuerpo elástico al aplicarle una fuerza.

Consideraciones teóricas

Una ley física se obtiene cuando después de observar minuciosamente un problema, plantear hipótesis y hacer una experimentación repetida, se obtienen resultados, los cuales posibilitan concluir que, siempre y cuando existan las mismas condiciones que originan un fenómeno, éste se repetirá sin ninguna variación. Por tanto, existe una relación de causa-efecto en toda ley física. Una ley física se enuncia de tal manera que exprese las condiciones en las cuales se produce un fenómeno físico.

Un objeto elástico es aquel que recupera su forma original cuando desaparece la fuerza causante de la deformación. Algunos ejemplos de objetos elásticos son resortes, ligas y bandas de hule, pelotas de tenis y futbol. La deformación sufrida por un objeto elástico es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza recibida; en otras palabras, si la magnitud de la fuerza aumenta el doble, también aumenta el doble la deformación, y si la magnitud de la fuerza disminuye a la mitad, disminuye la deformación en la misma proporción; por esta razón existe entre ellas una relación directamente proporcional.

Hipótesis

Existe una relación directamente proporcional entre el alargamiento de un objeto elástico y la magnitud de la fuerza que recibe.

Material empleado

Un soporte, un resorte, cuatro pesas, una regla graduada y una aguja indicadora.

Desarrollo de la actividad experimental

1. Monta un dispositivo como el que se muestra en la figura 1.18. Observa en la regla graduada qué longitud inicial señala la aguja antes de colocarle alguna pesa al resorte y anota la medida.

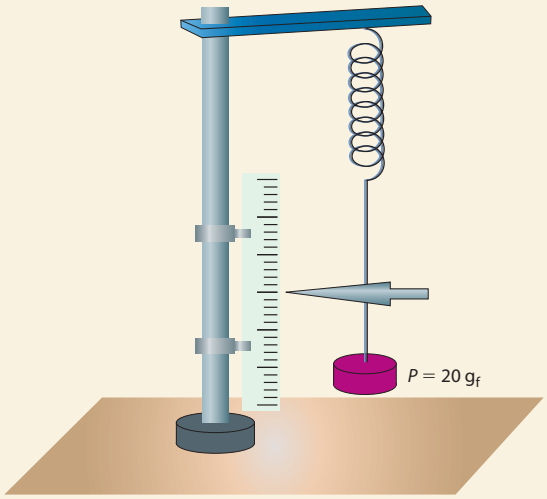


Figura 1.18
Dispositivo para estudiar los alargamientos que sufre un objeto elástico al aplicarle una fuerza.

2. Coloca una pesa de 5 gramos fuerza (5 g_f) en la parte inferior del resorte y mide con la regla graduada cuál es su alargamiento. Después, coloca una pesa de 10 g_f y mide nuevamente el alargamiento del resorte. Repite la misma operación, pero ahora con 15 g_f y después con 20 g_f (puedes hacer tu experimento usando pesas diferentes a las descritas, esto depende de la elasticidad que tenga tu resorte). Repite el experimento cuando menos tres veces con el fin de confirmar los datos obtenidos.

3. Elabora un cuadro de datos con los resultados obtenidos de la siguiente manera (cuadro 1.1):

Cuadro 1.1 Datos de peso (F) alargamiento (ℓ) (experimentales)

F = Peso (g_f)	ℓ = alargamiento (cm)	$\frac{F}{\ell} = \frac{g_f}{cm}$
5		
10		
15		
20		

4. La tercera columna del cuadro de datos la llenarás al dividir para cada caso la magnitud de la fuerza aplicada (F), equivalente al peso soportado por el resorte, entre el alargamiento (ℓ) que sufre.
5. Con los datos del cuadro construye una gráfica F *vs* ℓ, colocando en el eje de las ordenadas o de las Y los datos de la magnitud de la fuerza y en el eje de las abscisas o de las X sus correspondientes alargamientos. Une los puntos obtenidos (Fig. 1.19).
6. El valor de la pendiente de la línea recta obtenida al unir los puntos, representada por la letra K, recibe el nombre de **constante del resorte o módulo de elasticidad**. Determina, mediante el cálculo de la tangente de la recta, el valor de su pendiente. Para ello, dibuja un triángulo rectángulo entre dos puntos de la recta, misma que equivaldrá a la hipotenusa (Fig. 1.19). Su tangente será igual a:

$$\tan\alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} = \frac{\Delta F}{\Delta \ell}$$

$$\tan\alpha = \frac{F_2 - F_1}{\ell_2 - \ell_1}$$

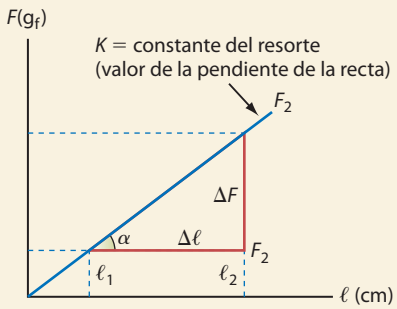


Figura 1.19
Gráfica de F vs ℓ, y cálculo de la pendiente de la recta.

Cuestionario

1. El valor obtenido para la relación $\frac{F}{\ell}$ en cada uno de los casos, ¿fue igual o diferente?

2. ¿El valor de la pendiente que obtuviste fue igual al obtenido al dividir $\frac{F}{\ell}$?

3. ¿Cómo definirías la constante del resorte, es decir, K?

4. ¿Qué le sucedería al resorte si le colocaras una pesa muy grande?

5. ¿Se comprobó la hipótesis? Justifica tu respuesta.

6. Enuncia una ley física con base en los resultados obtenidos.

Retroalimentación de la actividad experimental 1

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto: En la actividad experimental 1, obtención de una ley física, pudiste comprobar en el punto 4, que el valor obtenido para la relación $\frac{F}{\ell}$ en cada uno de los casos fue igual, ya que entre el peso (F) soportado por el resorte y su alargamiento (ℓ) hay una relación de proporcionalidad directa, pues al duplicarse el peso, se duplica el alargamiento, al triplicarse el peso, se triplica el alargamiento, etc.; de donde la relación $\frac{F}{\ell}$ es un valor constante. En el punto 6 de la actividad experimental, al determinar el valor de la pendiente de la recta, seguramente encontraste que dicho valor es el mismo que se obtiene con la relación $\frac{F}{\ell}$; de existir alguna diferencia se debe a los errores experimentales. Al responder a la pregunta 3 del cuestionario, tu definición de la constante del resorte, es decir K, debió ser más o menos la siguiente: la constante del resorte, también llamado módulo de elasticidad, es la relación entre la magnitud de la fuerza aplicada al resorte (peso) y la deformación o alargamiento (ℓ) que le produce y su valor será constante, siempre y cuando el peso (magnitud de la fuerza aplicada) no sea muy grande. Su valor se determina mediante el cálculo de la pendiente de la recta obtenida al unir los puntos; es decir: $\tan\alpha = \frac{F_2 - F_1}{\ell_2 - \ell_1}$.

A la pregunta 4 del cuestionario seguramente contestaste que si se le pone una pesa muy grande al resorte, se deformará y ya no recuperará su elasticidad. En la pregunta 5, debiste contestar que sí se comprobó la hipótesis, ya que existe una relación directamente proporcional entre el alargamiento de un cuerpo elástico y la magnitud de la fuerza (peso) que recibe, tal como pudiste observar al realizar el punto 4 de la actividad. Por último, a la pregunta 6, el enunciado de la ley física con base en los resultados obtenidos debió ser así: el alargamiento o deformación elástica que sufre un objeto es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza que recibe. Si agregaste que esto sucederá siempre y cuando no se exceda el límite de elasticidad de un objeto ¡felicidades! Eres muy cuidadoso y observador.

Aplica lo que sabes

1. De acuerdo con las instrucciones de tu profesor, forma un equipo de tres integrantes y seleccionen alguno de los siguientes lugares que pueden visitar; además de otros que puedan proponer:
   - Un taller de carpintería
   - Un taller mecánico
   - Un edificio en construcción
   - Una vulcanizadora
   - Una herrería
2. Observen con atención las actividades que se realizan en el lugar visitado y escriban en su cuaderno qué aplicaciones de la física pueden apreciar. Después, en la casa de alguno de ustedes, elaboren un resumen en cartulinas o papel rotafolio, que incluya la descripción de dichas aplicaciones. Compleméntenlo con dibujos, esquemas didácticos o con cuadros sinópticos.
3. Con la supervisión de su profesor, expongan ante sus compañeros, lo obtenido en su investigación de campo. Respondan las preguntas de sus compañeros y su profesor, de tal manera que puedan intercambiar ideas y compartir conocimientos y experiencia.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: responde de manera clara y breve las siguientes preguntas.

1. Escribe una de las aportaciones que ha hecho la física a la ciencia o a la tecnología y que para ti ha representado un beneficio en tu vida cotidiana.

2. Escribe una de las aportaciones que ha hecho la física a la ciencia o a la tecnología y que para ti ha representado una desventaja en tu vida cotidiana.

3. Escribe uno de los primeros descubrimientos que se hicieron debido al estudio de la física y que para ti sea particularmente importante y qué descubrimiento actual propició.

4. Define con tus palabras qué es la física y escribe un fenómeno que esté estudiando actualmente esta ciencia.

5. Explica por medio de un ejemplo de tu entorno por qué es importante la medición en el estudio de un fenómeno físico.

6. Explica por medio de un ejemplo, por qué no existe un método científico único capaz de proporcionar un procedimiento que conduzca sin fallo a un invento o descubrimiento científico.

7. Explica con un ejemplo, por qué la ciencia no es un producto terminado y está en constante evolución y desarrollo.

Instrucciones: Escribe dentro del paréntesis la letra C si en el fenómeno se aplica principalmente la física clásica y una M si se aplica principalmente la física moderna:

1. ( ) Construcción de puentes, edificios y carreteras
2. ( ) Sistema de frenos hidráulicos de los automóviles
3. ( ) Partículas constitutivas del núcleo atómico
4. ( ) Telefonía celular
5. ( ) Transistores para televisores o para computadoras
6. ( ) Red hidráulica de una ciudad o localidad
7. ( ) Dilatación de los objetos producidos por el calor
8. ( ) Diseño de computadoras portátiles pequeñas y con mayor memoria
9. ( ) Transmisiones satelitales
10. ( ) Aplicación de la nanotecnología en el diseño de máquinas con inteligencia artificial

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) intercambia con un compañero(a) las respuestas que dieron a la evaluación formativa. Califíquense e intercambien ideas, aprendizajes y experiencias, de tal manera que se fortalezca su aprendizaje. Si tienen dudas, consulten a su profesor(a).

Situación didáctica

¿Cómo lo resolverías?

¿Qué unidades y sistemas de medida se usan con mayor frecuencia en tu colonia o localidad y cuáles se utilizan en diversos países?

Investigación de campo y en diferentes fuentes de información

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) forma un equipo de tres integrantes para que visiten diversos establecimientos comerciales, tales como mercería, panadería, taller mecánico, taller eléctrico, tlapalería, carpintería, gasolinera, etc. Entrevisten a sus propietarios o encargados previa elaboración de las preguntas que les harán, y pídanles que les informen de las diferentes mediciones que realizan en su actividad comercial y qué unidades de medida utilizan.

Investiguen en las diferentes fuentes de información a su alcance, como pueden ser libros, revistas, enciclopedias, o vía Internet, qué sistemas de unidades se utilizan en algunos países como Brasil, Argentina, Estados Unidos de América, Inglaterra, Rusia, Alemania y China.

Secuencia didáctica

¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de acciones que deben seguir para contestar la problemática de la pregunta formulada. Realícenla con un espíritu de colaboración, entusiasmo y responsabilidad, de tal manera que este trabajo en equipo resulte una experiencia útil para construir y fortalecer su aprendizaje.

1. Elaboren un formulario con las preguntas que les harán a los propietarios o encargados de los establecimientos.
2. Uno de ustedes formulará las preguntas y los otros dos tomarán nota de las respuestas. Intercambien los roles al visitar un establecimiento diferente.
3. Deberán indicar qué magnitud física se está midiendo y cuál es la unidad de medida utilizada.
4. Elaboren un cuadro en el que señalen la magnitud física y las unidades de medida que se utilizan.
5. Identifiquen cuáles son las magnitudes físicas y unidades de medida más utilizadas en su colonia, localidad o comunidad.
6. En su investigación documental y vía Internet, escriban las unidades de medida que se utilizan en los diferentes países que consultaron, y que sirven para medir: longitud, masa, peso, tiempo, superficie, volumen, fuerza y presión, entre otras que ustedes consideren importantes.
7. Elaboren en papel rotafolio o en cartulinas una síntesis o resumen con lo más relevante de su investigación además del cuadro que realizaron.
8. De acuerdo con las instrucciones de su profesor(a) participen de manera organizada y colaborativa en la exposición del resultado de su investigación de campo y en las diferentes fuentes de información que consultaron. Intercambien experiencias y conocimientos adquiridos, con el propósito de enriquecer y fortalecer su aprendizaje.





Rúbrica ¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Criterios que debes considerar para resolver la situación didáctica y que serán de utilidad para que tú mismo y tu profesor(a) puedan evaluar y valorar tu desempeño.

1. Identificarás las magnitudes físicas, las unidades que se utilizan para medirlas y a qué sistema de unidades pertenecen.
2. Compararás los sistemas de unidades que se utilizan en diferentes países y obtendrás tus conclusiones acerca de qué sistema te resulta más apropiado para medir las magnitudes físicas y el porqué de ello.

Autoevaluación

Con el propósito de reflexionar acerca de los resultados obtenidos después de realizar la situación didáctica, responde en tu cuaderno lo siguiente:

1. El resultado de las entrevistas me produjo enseñanzas y experiencias tales como (descríbelas).
2. Pude establecer las dudas que me fueron surgiendo durante nuestra investigación documental o vía Internet y éstas fueron las siguientes (descríbelas). Lo que hice para resolverlas fue lo siguiente (descríbelo).
3. Durante nuestra investigación nos encontramos con algunos problemas, éstos fueron los siguientes (descríbelos). La manera en la que los resolvimos fue la siguiente (descríbelo).
4. Pude identificar las magnitudes físicas que más se utilizan en mi comunidad y las unidades que se utilizan para medirlas, éstas son las siguientes (escríbelas).
5. Conozco los sistemas de unidades que se utilizan en algunos países y los que se usan más son los siguientes (descríbelos indicando el país, las magnitudes físicas y las unidades de medida que se utilizan).
6. Mi conclusión acerca del sistema de unidades que me parece el más conveniente es el siguiente (escríbelo, señala en qué país o países se utiliza y por qué te parece el más conveniente).



Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), intercambia con un compañero o compañera, las respuestas a las preguntas anteriores, lean sus respectivas respuestas, evalúenlas y después comenten entre ustedes ideas, experiencias y aprendizajes adquiridos. Esta actividad les posibilitará enriquecer sus conocimientos.



1.2 Magnitudes físicas y su medición

Antes de abordar este subtema, es importante reflexionar un poco acerca de cómo fue el desarrollo histórico de las unidades de medida y de los sistemas de unidades. ¿Puedes imaginarte cómo fueron los primeros intercambios comerciales entre los hombres primitivos? Seguramente en tus clases de historia te has enterado de que una manera era el trueque, es decir, el cambio de una cosa por otra. ¿Sabes cómo medían el tiempo? Es ineludible hacer referencia al día y la noche para hablar del tiempo. Así, el hombre primitivo necesariamente hizo alusión al número de lunas o soles transcurridos para establecer determinados acontecimientos. Pero cuando tuvo necesidad de encontrar referencias para hablar de lapsos menores a los transcurridos entre la salida del Sol o de la Luna, debió observar cómo se desplazaba la sombra proyectada en el suelo por una roca al pasar el tiempo. Entonces, se le ocurrió colocar una piedra en lugares donde realizara alguna actividad especial. Gracias al desplazamiento de la sombra proyectada por la roca, obtuvo su primer reloj para medir el tiempo (Fig. 1.20).



Figura 1.20
A través de la historia, el hombre ha modificado la manera de medir el tiempo.

Para tratar de comparar la masa de dos objetos y saber cuál era mayor, sopesaba un objeto en cada mano. Pero, en cierta ocasión, alguien tuvo la idea de equilibrar una tabla con una roca en medio y colocar dos objetos, uno de cada extremo de la tabla, y el que más bajara tendría mayor masa. **Se había inventado la primera y burda balanza.**

Para medir la longitud, recurría a medidas tomadas de su propio cuerpo. Los egipcios usaban la **brazada** (Fig. 1.21), cuya longitud equivalía a las dimensiones de un hombre con los brazos extendidos. Los ingleses usaban como patrón la longitud del **pie de su rey**



Figura 1.21
Brazada. Unidad usada por los egipcios para medir la longitud.



Figura 1.22
El pie es la unidad que usaron los ingleses para medir la longitud.

(Fig. 1.22). Los romanos usaban el paso y la milla, equivalente a mil pasos. Para ellos, un paso era igual a dos pasos de los actuales, pues cada pie daba un avance. También se utilizaron otras partes del cuerpo humano para medir: el **codo** era la distancia desde el codo hasta el extremo del dedo medio; el **palmo** o **la cuarta** era la distancia entre el extremo del dedo pulgar y el meñique al estar abierta la mano. La elección de la unidad de medida de longitud se convirtió en cuestión de prestigio, pues era inconcebible usar en un país la medida de alguna parte del cuerpo del soberano de otra nación. Por tanto, se crearon unidades diferentes, y cada país poderoso tenía sus propias medidas. Es fácil imaginar el desconcierto reinante en esos tiempos para comerciar entre los pueblos.

La figura 1.23 te dará una idea muy clara de la manera en que se usaban algunas partes del cuerpo para medir longitudes. Cabe aclarar que en la actualidad en el Sistema Inglés se sigue usando la pulgada y el pie. Por cierto, los ingleses ya no utilizan este sistema, por obsoleto, sólo se sigue utilizando en Estados Unidos.

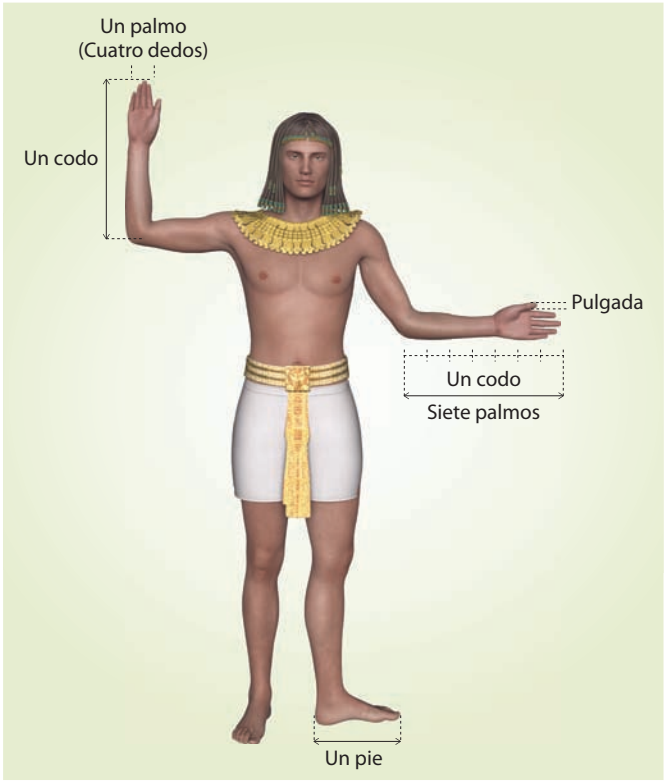


Figura 1.23
En la antigüedad las medidas de diferentes longitudes se basaban en las proporciones del cuerpo.

Roma integró un Imperio, y al conquistar muchos territorios (siglo II a.C. al siglo IV d.C.), se trató de frenar la diversidad de unidades de medida, por lo que se estableció la **libra** como unidad de **peso** y el **pie** como unidad de **longitud**. Para ello, se modeló un cuerpo representativo del peso de una libra patrón, y una barra de bronce para mostrar la longitud equivalente al pie. Por primera vez existía una misma forma para pesar y medir longitudes.

Tras la decadencia del Imperio Romano, de nuevo surgió la anarquía en las unidades de medida, misma que duró todo el periodo de la Edad Media (siglo V al siglo XV d.C.).

Fue en 1790 cuando la Asamblea Constituyente de Francia, a través de la Academia de Ciencias de París, extendió una invitación a los países para que enviaran a sus hombres de ciencia con el objetivo de unificar los sistemas de pesas y medidas y adoptar uno solo para todo el mundo. Esta convocatoria daría excelentes resultados, mismos que veremos en seguida.

Sistema Métrico Decimal

El primer sistema de unidades bien definido que hubo en el mundo fue el **Sistema Métrico Decimal**, implantado en 1795 como resultado de la Convención Mundial de Ciencia celebrada en París, Francia; este sistema tiene una **división decimal** y sus unidades fundamentales son el **metro,** el **kilogramo-peso** y el **litro**. Además, para definirlas, se utilizaron datos de carácter general, como las dimensiones de la Tierra y la densidad del agua.

Con el fin de encontrar una unidad patrón para medir longitudes, se dividió un meridiano terrestre en 40 millones de partes iguales, y a la longitud de cada parte se le llamó **metro**. Por tanto, se definió al metro como la cuarenta millonésima parte $\left(\frac{1}{40\,000\,000}\right)$ del meridiano terrestre. Una vez establecido como unidad de longitud, el metro sirvió de base para que se pudieran establecer las demás unidades que constituyeron al sistema métrico decimal, que se derivó de la palabra *metro*, que quiere decir medida.

Una ventaja del Sistema Métrico fue su **división decimal**, pues mediante el uso de los prefijos deci, centi o mili, que son algunos de los submúltiplos de la unidad, podemos referirnos al decímetro como la décima parte del metro (0.1 m) y al milímetro como la milésima parte del metro (0.001 m). Asimismo, con los prefijos deca, hecto y kilo, que son algunos de los múltiplos de la unidad, podemos mencionar al decámetro, hectómetro y kilómetro, como equivalentes a 10, 100 y 1 000 metros, respectivamente.

Magnitudes fundamentales y derivadas

Las **magnitudes fundamentales son aquellas que no se definen en función de otras magnitudes físicas** y, por tanto, sirven de base para obtener las demás magnitudes utilizadas en la física (Fig. 1.24), las que reciben el nombre de magnitudes derivadas. Por tanto, **las magnitudes derivadas resultan de multiplicar o dividir entre sí las magnitudes fundamentales**.



Figura 1.24
El tiempo, la longitud y la masa, son ejemplos de magnitudes fundamentales.

En el estudio de la mecánica, tenemos que con tres magnitudes fundamentales, como son la longitud, la masa y el tiempo, podemos obtener las demás magnitudes físicas que corresponden a dicha división de la física. Por ejemplo: al multiplicar la magnitud fundamental de longitud por sí misma, obtenemos una longitud al cuadrado ($LL = L^2$) equivalente a la magnitud derivada de **área** o **superficie**. Al multiplicar longitud por longitud por longitud obtenemos longitud al cubo ($LLL = L^3$), la cual corresponde a una magnitud derivada que es el **volumen**. Si dividimos la longitud entre el tiempo, obtenemos la magnitud derivada llamada **velocidad** ($L/T = LT^{-1} = v$). Lo mismo sucede con la **aceleración, fuerza, trabajo** y **energía, presión, potencia, densidad**, etc., que reciben el nombre de magnitudes derivadas, porque se obtienen a partir de las fundamentales.

En el sistema internacional que revisaremos más adelante, existen siete magnitudes fundamentales: **longitud, masa, tiempo, temperatura, intensidad de corriente eléctrica, intensidad luminosa** y **cantidad de sustancia**.

Definiciones de magnitud, medir y unidad de medida

Magnitud

Se llama magnitud a todo aquello que puede ser medido (Fig. 1.25). La longitud de un cuerpo (ya sea largo, ancho, alto, su profundidad, espesor, diámetro externo o interno), la masa, el tiempo, el volumen,



Figura 1.25
El volumen de un líquido es una magnitud, ya que puede ser medido.

el área, la velocidad, la fuerza, etc., son ejemplos de magnitudes. Los sentimientos como el amor, el odio, la felicidad, la ira y la envidia no pueden ser medidos, por tanto no son magnitudes.

Medir

Es comparar una magnitud con otra de la misma especie, que de manera arbitraria o convencional se toma como base, unidad o patrón de medida.

Unidad de medida

El nombre de unidad de medida o patrón se proporciona a toda magnitud de valor conocido y perfectamente definido, utilizado como referencia para medir y expresar el valor de otras magnitudes de la misma especie. **Una de las características principales que debe cumplir un patrón de medida es que sea reproducible.**

Sistemas de Unidades CGS e Inglés

En 1881, en el Congreso Internacional de los Electricistas realizado en París, Francia, como resultado del gran desarrollo de la ciencia, y por supuesto de la física, se adoptó un sistema llamado absoluto: el Sistema Cegesimal, o CGS, propuesto por el físico alemán Karl Gauss. En dicho sistema las magnitudes fundamentales y sus unidades de medida son: para la longitud el centímetro, para la masa el gramo, y para el tiempo el segundo. Entonces ya se observaba la diferencia entre los conceptos de masa y peso de un objeto, porque se tenía claro que el peso era el resultado de la fuerza de atracción gravitacional ejercida por la Tierra sobre la masa de los objetos.

Cabe señalar que este sistema se utilizó principalmente para expresar cantidades pequeñas, pero en la actualidad ha sido sustituido por el Sistema Internacional de Unidades.

El Sistema Inglés que fue utilizado por mucho tiempo en varios países, actualmente sólo se usa para actividades comerciales, en Estados Unidos de América. Las magnitudes fundamentales y las unidades que utiliza para las mismas, son: para la **longitud** el **pie** (1 pie mide 30.48 cm), para la **masa** la **libra** (1 libra = 454 g) y para el **tiempo** el **segundo**.

Sistema Internacional de Unidades, ventajas y limitaciones

Conforme la ciencia fue avanzando, se hizo necesario establecer un nuevo sistema de unidades práctico, claro y acorde con los descubrimientos más recientes.

Para ello, en 1960, científicos y técnicos de todo el mundo se reunieron en Ginebra, Suiza, y acordaron adoptar el llamado: Sistema Internacional de Unidades (SI), basado en el MKS, cuyas iniciales corresponden a metro, kilogramo y segundo. El Sistema Internacional establece **siete magnitudes fundamentales,** mismas que señalaremos en seguida, con su respectiva unidad de medida: para **longitud** el **metro (m),** para **masa** el **kilogramo (kg),** para **tiempo** el **segundo (s),** para **temperatura** el **grado kelvin (K),** para **intensidad de corriente eléctrica** el **ampere (A),** para **intensidad luminosa** la **candela (cd)** y para **cantidad de sustancia** el **mol**.

Las definiciones actuales del metro, kilogramo y segundo se proporcionan a continuación:

Metro patrón

La definición actual del metro patrón corresponde a la longitud recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de 1/299 792 458 de segundo. Esta nueva definición más precisa del metro patrón elimina la anterior, que correspondía a 1 650 763.73 veces la longitud de la onda emitida por el átomo de kriptón de masa atómica 84, durante el salto de un electrón entre los niveles, 2_p^{10} y 5_d^5 y a lo largo de una descarga eléctrica.

Kilogramo patrón

Primero se definió como la masa de un decímetro cúbico de agua pura en su máxima densidad (4 °C). Su definición actual es la siguiente: un kilogramo patrón equivale a la masa de un cilindro hecho de platino e iridio, el



Figura 1.26
El Sistema Internacional utiliza el metro, kilogramo y segundo como unidades de longitud, masa y tiempo.

cual se conserva como modelo en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas localizada en París, Francia.

Segundo patrón

Se definió como la 1/86 400 parte del día solar medio, y como la 1/31 556 962 parte del primer año trópico del siglo XX (1900). En la actualidad, se define como la duración de 9 192 631 770 ciclos de la radiación de cierta transición del electrón en el átomo de cesio de masa atómica 133.

Pese al acuerdo internacional, en la actualidad todavía se utilizan en varios países, incluido el nuestro, algunas unidades del sistema inglés (pie, libra y segundo), así como del sistema CGS (centímetro, gramo y segundo), además de los llamados **sistemas gravitacionales, técnicos** o **de ingeniería** que, en lugar de utilizar la masa como magnitud fundamental, emplean el peso. Por ejemplo, es común expresar nuestro peso en kilogramos fuerza (kg_f), en lugar de expresarlo en newtons (N) (1 kg_f = 9.8 N). En las estaciones de servicio, la presión de las llantas se mide en libras fuerza por pulgada cuadrada (lb_f /$pulg^2$) en lugar de pascales, es decir, newtons por metro cuadrado (N/m^2).

Ventajas de utilizar el Sistema Internacional como sistema único de unidades y algunas limitaciones

El empleo del SI (Fig. 1.26) como sistema único en los ámbitos científico y comercial en todo el mundo, representa no sólo el avance de la ciencia, sino también la posibilidad de emplear un lenguaje específico para expresar cada magnitud física en una unidad de medida basada en definiciones precisas respecto a fenómenos y situaciones naturales. Mediante el uso del SI, ya no expresaremos longitudes en pies, millas, yardas, pulgadas, millas marinas, millas terrestres o leguas, pues con el metro y sus prefijos podemos manifestar cualquier longitud por pequeña o grande que sea. Lo mismo sucede para la masa, en la cual en lugar de onzas, libras y toneladas sólo emplearemos el kilogramo con sus múltiplos y submúltiplos, cuyos prefijos son los mismos del metro y de las diferentes unidades de medida. Esperemos que en poco tiempo, con el progreso de la ciencia y de la humanidad, el único sistema utilizado por sus múltiples ventajas sea el **Sistema Internacional de Unidades (SI)**. No obstante, vale la pena señalar que no siempre resultará práctico el uso de las unidades del Sistema Internacional, pues en algunos casos, como al expresar el tiempo en segundos o el volumen en m^3 únicamente, puede resultar complicado. Por ejemplo, expresar tu edad en segundos, o bien, pedir que llenen el tanque de gasolina cierta cantidad, pero expresada en m^3. Es por ello que, nos guste o no, seguirán en uso unidades de medida en el Sistema Inglés y otras unidades prácticas. Además, como el Sistema Inglés (pie, libra y segundo), sigue en uso comercialmente por Estados Unidos de América, y nosotros tenemos una fuerte relación comercial con ellos, requerimos conocer y expresar magnitudes físicas en dicho sistema. Por si fuera poco, como ya señalamos, aún se usan unidades como el kilogramo fuerza, para expresar diferentes pesos, en lugar de hacerlo en newtons. Tal es el caso del peso de cualquiera de nosotros. El kilogramo fuerza (kg_f) es una magnitud fundamental del sistema técnico o gravitacional llamado MKS gravitacional. Cabe señalar que los sistemas técnicos, en lugar de masa se refieren al peso como unidad fundamental.

En el cuadro 1.2 se muestran algunas de las magnitudes fundamentales y sus derivadas, cuyo uso es frecuente, por lo que te recomendamos revisarla con detalle y familiarizarte con ellas.

Cuadro 1.2 Algunas magnitudes fundamentales y derivadas y sus respectivas unidades de medida

Magnitud	SI	CGS	Inglés
Longitud	metro (m)	centímetro (cm)	pie
Masa	kilogramo (kg)	gramo (g)	libra (lb)
Tiempo	segundo (s)	segundo (s)	segundo (s)
Área o superficie	m^2	cm^2	pie^2
Volumen	m^3	cm^3	pie^3
Velocidad	m/s	cm/s	pie/s
Aceleración	m/s^2	cm/s^2	pie/s^2
Fuerza	kg m/s^2 = newton	g cm/s^2 = dina	libra pie/s^2 = poundal
Trabajo y energía	Nm = joule	dina cm = erg	poundal pie
Presión	N/m^2 = pascal	$dina/cm^2$ = baria	$poundal/pie^2$
Potencia	joule/s = watt	erg/s	poundal pie/s

Para tu reflexión

El tiempo ¿Es una ilusión, o en realidad existe? ¿Cómo habría que describirlo?*

El tiempo, para empezar, es un asunto psicológico; es una sensación de duración. Uno come, y al cabo de un rato vuelve a tener hambre. Es de día, y al cabo de un rato se hace de noche.

La cuestión de qué es esta sensación de duración; de qué es lo que hace que uno sea consciente de que algo ocurre "al cabo de un rato", forma parte del problema de mecanismo de la mente en general, que aún no está resuelto.

Tarde o temprano, todos nos damos cuenta de que esa sensación de duración varía con las circunstancias. Una jornada de trabajo parece mucho más larga que un día con la persona amada, y una hora en una conferencia aburrida, mucho más larga que una hora jugando naipes. Lo cual podría significar que lo que llamamos un "día" o una "hora" es más largo unas veces que otras. Pero, cuidado con las trampas. Un periodo que a unos les parece corto quizá se les antoje largo a otros, y desmesuradamente largo a otros, y ni corto ni largo a un tercero.

Para que este sentido de la duración resulte útil a un grupo de personas, es preciso encontrar un método que sea universal y no personal para medir su duración. Si un grupo acuerda reunirse "dentro de seis semanas exactamente", sería absurdo dejar que cada cual se presentara en el lugar de la cita cuando, en algún rincón de su interior, sienta que han pasado seis semanas. Mejor será que se pongan todos de acuerdo en contar cuarenta y dos periodos de luz-oscuridad, y presentarse entonces, sin hacer caso de lo que diga el sentido de la duración.

En el momento que elegimos un fenómeno físico objetivo como medio para sustituir el sentido innato de la duración por un sistema de conteo, tenemos algo a lo que podemos llamar "tiempo". En ese sentido, no debemos intentar definir el tiempo como esto o aquello, sino como un sistema de medida.

* Tomado de: Asimov, Isaac. *Cien preguntas básicas sobre la ciencia*. Alianza Editorial, España, 1999.

Métodos directos e indirectos de medida

Al efectuar la medición de diferentes magnitudes, podemos observar que algunas de ellas **se miden directamente**. Tal es el caso de medir la longitud de una mesa con una regla graduada, o el espesor de una moneda utilizando el calibrador vernier, cuya aproximación es de centésimas de centímetro. También podemos medir la masa de un objeto si utilizamos una balanza, o el volumen de un líquido con una probeta graduada. Sin embargo, no siempre es posible realizar mediciones directas para determinar el valor de una magnitud, por eso se requiere de **mediciones indirectas**.

Ejemplo: el volumen de un objeto irregular se calcula empleando una probeta graduada, a la cual primero debemos agregar agua, y luego leer este volumen inicial. Posteriormente, se introduce el objeto irregular que desplazará un volumen de líquido equivalente a su volumen; leemos el volumen final, y mediante la diferencia de volúmenes en la probeta conoceremos el volumen del objeto. Este método tiene sus inconvenientes, pues si el objeto es poroso el agua penetrará por sus cavidades y el desplazamiento del líquido no corresponderá al volumen del objeto, por tanto, el resultado será aproximado (Fig. 1.27).

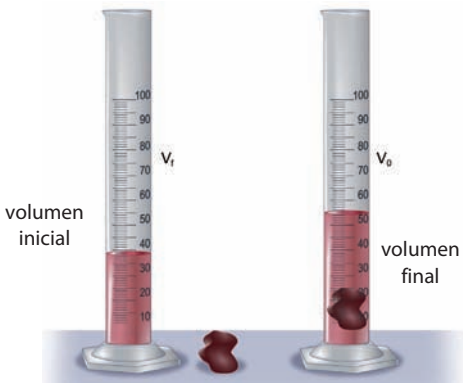


Figura 1.27
Método indirecto para medir el volumen de un cuerpo irregular, empleando una probeta graduada. Volumen del cuerpo = volumen final – volumen inicial.

Otro ejemplo de método indirecto lo tenemos en el aparato llamado **sonar**, empleado para conocer la profundidad del mar en algún punto. El sonar consta de un emisor de sonidos, las ondas que envía se reflejan en el fondo, y mediante un colector se recoge su eco, la distancia a la que se halla el fondo se calcula en función de la velocidad del sonido en el agua y el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción (Fig. 1.28). También calculamos el área de un rectángulo de manera indirecta cuando primero medimos su largo y su ancho, para finalmente aplicar la fórmula largo por ancho igual a área.

De acuerdo con lo anterior, podemos decir que, cuando se determina el valor de una magnitud por medio de un método indirecto, por lo general, es necesario realizar dos o más mediciones directas y efectuar una operación o cálculo matemático.

Prefijos usados en el Sistema Internacional

Es importante señalar que los símbolos de las unidades de medida para las diferentes magnitudes físicas se escriben con minúsculas, a menos que se trate de nombres propios, en tal caso será con mayúsculas; los símbolos se anotan en singular y sin punto. Por tanto, debemos escribir para kilogramo: **kg** y no Kg; para kilómetro: **km** y no Km; para gramo: **g** y no gr; para newton: **N** y no n ni Nw. Con el empleo de prefijos y sus respectivos símbolos, aceptados internacionalmente, podemos obtener múltiplos y submúltiplos para las diferentes unidades de medida. En el cuadro 1.3 se presentan algunos de los prefijos más usados por el Sistema Internacional, así como su símbolo y equivalencia respectiva en unidades.

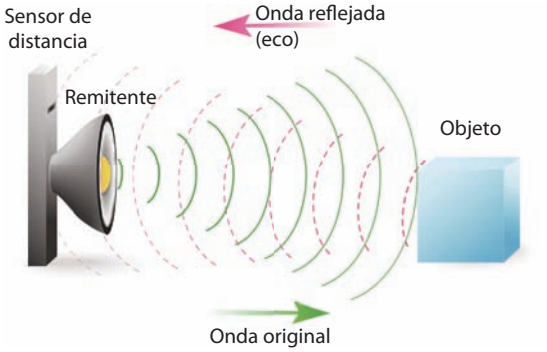




Figura 1.28
Con el aparato llamado sonar se realiza el sondeo acuático para medir la profundidad del mar, según el tiempo que tarda en regresar el eco.

Cuadro 1.3 Prefijos usados en el Sistema Internacional

Prefijo	Símbolo	Valor	Equivalencia en unidades
exa	E	1×10^{18}	trillón
peta	P	1×10^{15}	mil billones
tera	T	1×10^{12}	billón
giga	G	1×10^{9}	mil millones
mega	M	1×10^{6}	millón
kilo	k	1×10^{3}	mil
hecto	h	1×10^{2}	cien
deca	da	1×10	diez
unidad	1	1	uno
deci	d	1×10^{-1}	décima
centi	c	1×10^{-2}	centésima
mili	m	1×10^{-3}	milésima
micro	μ	1×10^{-6}	millonésima
nano	n	1×10^{-9}	milmillonésima
pico	p	1×10^{-12}	billonésima
femto	f	1×10^{-15}	milbillonésima
atto	a	1×10^{-18}	trillonésima

Uso de TIC

Con el propósito de que fortalezcas tu aprendizaje con respecto a la historia del Sistema Internacional de Unidades, consulta la siguiente página de Internet:
http://www.youtube.com/watch?v=4tP_sjDvvEY

De manera que si decimos kilogramo, kilómetro, kilosegundo y kilopié, nos referimos a mil gramos, mil metros, mil segundos y mil pies, respectivamente. Si mencionamos nanómetro, nanogramo, nanosegundo y nanopié, hablamos de milmillonésima de metro, milmillonésima de gramo, milmillonésima de segundo y milmillonésima de pie, respectivamente (Fig. 1.29).

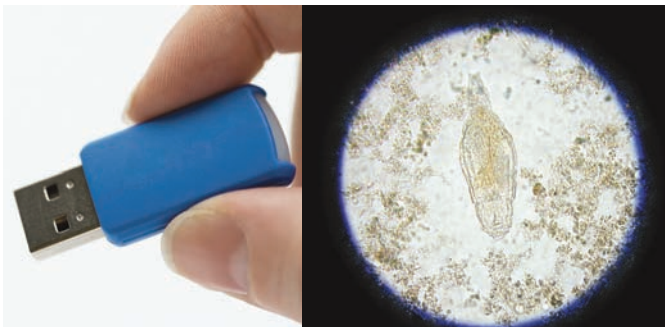


Figura 1.29
Las dimensiones de las bacterias se miden usando el prefijo micro, mientras que la capacidad de almacenaje de una USB se mide en gigas.

1.3 Notación científica

Como puede apreciarse, el uso de potencias con base 10, es decir, la **notación científica**, es de gran utilidad cuando se requiere expresar grandes o pequeñas cantidades.

Hay que recordar que cuando un número se eleva a una potencia, ésta nos indica las veces que el número se multiplica por sí mismo. Ejemplos:

$$6^2 = 6 \times 6; \quad 9^3 = 9 \times 9 \times 9; \quad 2^5 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$$

En el caso de potencias con base 10, siempre será el 10 el que será elevado a una potencia:

$$10^1 = 10$$
$$10^2 = 10 \times 10 = 100$$
$$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1\,000$$
$$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10\,000$$
$$10^5 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\,000$$
$$10^6 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 1\,000\,000$$

Si observamos cada caso, encontraremos que cuando la base 10 se eleva a una potencia, el resultado es igual al número 1, seguido de tantos ceros como indique la potencia.

Ejemplo

10^8 es igual al 1 seguido de ocho ceros

$10^8 = 100\,000\,000$

Ahora bien, en el caso de elevar el 10 a una potencia negativa, esto equivale a dividir el número 1 entre 10 elevado a esa misma potencia, pero con signo positivo.

Ejemplos

$$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0.1$$

$$10^{-2} = \frac{1}{10^2} = \frac{1}{100} = 0.01$$

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1000} = 0.001$$

$$10^{-4} = \frac{1}{10^4} = \frac{1}{10\,000} = 0.0001$$

$$10^{-6} = \frac{1}{10^6} = \frac{1}{1\,000\,000} = 0.000001$$

Si observamos cada caso, encontraremos que cuando la base 10 se eleva a una potencia negativa, el resultado es igual a recorrer hacia la izquierda el punto decimal a partir del número 1, tantas veces como señale la potencia negativa.

Ejemplo

10^{-8} es igual a recorrer el punto decimal 8 cifras a la izquierda a partir del número 1.

$$10^{-8} = 0.00000001$$

El punto decimal se recorrió 8 cifras a partir del 1. De la misma manera 10^{-5} y 10^{-9} se expresan en forma decimal como:

$$10^{-5} = 0.00001$$

$$10^{-9} = 0.000000001$$

Aplicando lo aprendido en la expresión de cantidades, empleando la potencia con base 10.

Ejemplo 1

Expresar la cantidad 620 000 con una sola cifra entera, utilizando la potencia con base 10.

Como se puede observar, 620 000 consta de seis cifras enteras; para expresarlo con una sola cifra entera, debemos recorrer el punto decimal cinco posiciones:

$$6.20\,000.$$

Por tanto, $620\,000 = 6.2 \times 10^5$.

Como se observa, la base 10 está elevada a la 5a. potencia, ya que fue el número de veces que recorrimos el punto decimal.

Ejemplo 2

Expresar las siguientes cantidades con una sola cifra entera, utilizando la potencia con base 10:

a) 500 b) 75 000 c) 800 000 d) 7 000 000

Solución

a) $500 = 5 \times 10^2$ (ya que recorrimos dos posiciones el punto)

b) $75\,000 = 7.5 \times 10^4$ (ya que recorrimos cuatro posiciones el punto)

c) $800\,000 = 8 \times 10^5$ (ya que recorrimos cinco posiciones el punto)

d) $7\,000\,000 = 7 \times 10^6$ (ya que recorrimos seis posiciones el punto)

Ejemplo 3

Expresar la cantidad 0.000003 con una sola cifra entera, utilizando la potencia con base 10.

Como se puede observar 0.000003 no tiene ninguna cifra entera, para expresarlo con una cifra entera debemos recorrer el punto decimal seis posiciones, así:

$$0.000003.$$

Por tanto, $0.000003 = 3 \times 10^{-6}$.

Como se observa, la base 10 se eleva a la 6a. potencia, ya que fue el número de veces que recorrimos el punto decimal. Cada vez que convertimos una fracción decimal a entero el signo es negativo.

Ejemplo 4

Expresar las siguientes cantidades con una sola cifra entera, utilizando la potencia con base 10:

a) 0.003 b) 0.000135 c) 0.0000705 d) 0.000000001

Solución

a) $0.003 = 3 \times 10^{-3}$ (ya que recorrimos tres posiciones el punto)

b) $0.000135 = 1.35 \times 10^{-4}$ (ya que recorrimos cuatro posiciones el punto)

c) $0.0000705 = 7.05 \times 10^{-5}$ (ya que recorrimos cinco posiciones el punto)

d) $0.000000001 = 1 \times 10^{-9}$ (ya que recorrimos nueve posiciones el punto)

Principales operaciones utilizando potencias con base 10

1. Multiplicación de potencias con base 10. En este caso, basta con sumar algebraicamente los exponentes.

Ejemplos

a) $10^3 \times 10^4 = 10^{3+4} = 10^7 = 1 \times 10^7$

b) $1 \times 10^3 \times 1 \times 10^2 = 1 \times 10^{3+2} = 1 \times 10^5$

c) $2 \times 10^4 \times 3 \times 10^2 = 6 \times 10^{4+2} = 6 \times 10^6$

d) $5 \times 10^2 \times 4 \times 10^5 = 20 \times 10^{2+5} = 20 \times 10^7$

e) $4 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-2} = 8 \times 10^{6+(-2)} = 8 \times 10^4$

f) $6 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-4} = 30 \times 10^{-3+(-4)} = 30 \times 10^{-7}$

2. División de potencias de base 10.

Ejemplos

a) $\dfrac{1}{10^4} = 10^{-4} = 1 \times 10^{-4}$

b) $\dfrac{1}{10^{-2}} = 10^2 = 1 \times 10^2$

c) $\dfrac{6}{3 \times 10^4} = \dfrac{6}{3} \times \dfrac{1}{10^4} = 2 \times 10^{-4}$

d) $\dfrac{8 \times 10^2}{4} = \dfrac{8}{4} \times 10^2 = 2 \times 10^2$

e) $\dfrac{12 \times 10^6}{6 \times 10^4} = \dfrac{12}{6} \times \dfrac{10^6}{10^4} = 2 \times 10^6 \times 10^{-4} = 2 \times 10^2$

f) $\dfrac{25 \times 10^{-2}}{5 \times 10^4} = 5 \times 10^{-2} \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-6}$

g) $\dfrac{45 \times 10^{-8}}{15 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^{-8} \times 10^3 = 3 \times 10^{-5}$

h) $\dfrac{5 \times 10^7}{2 \times 10^{-4}} = 2.5 \times 10^7 \times 10^4 = 2.5 \times 10^{11}$

3. Suma y resta de potencias con base 10. Para efectuar estas dos operaciones los exponentes deben ser iguales. En caso contrario tenemos que igualarlos, ya sea aumentar uno o disminuir el otro.

Ejemplos

a) $2 \times 10^3 + 3 \times 10^3 = 5 \times 10^3$

b) $8 \times 10^8 + 0.5 \times 10^8 = 8.5 \times 10^8$

c) $7 \times 10^{12} + 9 \times 10^{12} = 16 \times 10^{12}$

d) $15 \times 10^{-4} - 12 \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-4}$

e) $3 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-5}$

f) $18 \times 10^{-6} - 20 \times 10^{-6} = -2 \times 10^{-6}$

g) $9.5 \times 10^4 + 3 \times 10^5 =$ ¡no pueden sumarse como en los casos anteriores!

En este último caso debemos igualar sus exponentes. Para ello, aumentamos el exponente menor o disminuimos el mayor y el resultado será el mismo. Si aumentamos el menor, tenemos que:

$$9.5 \times 10^4 = 0.95 \times 10^5$$

donde:

$$0.95 \times 10^5 + 3 \times 10^5 = 3.95 \times 10^5$$

Si disminuimos el exponente mayor, tenemos que:

$$3 \times 10^5 = 30 \times 10^4$$

donde:

$$9.5 \times 10^4 + 30 \times 10^4 = 39.5 \times 10^4$$

como sabemos

$$3.95 \times 10^5 = 39.5 \times 10^4$$

h) $4.5 \times 10^8 + 2 \times 10^{10}$ al disminuir el exponente mayor, tenemos:

$$4.5 \times 10^8 + 200 \times 10^8 = 204.5 \times 10^8$$

al aumentar el menor, tenemos:

$$0.045 \times 10^{10} + 2 \times 10^{10} = 2.045 \times 10^{10}$$

como sabemos:

$$204.5 \times 10^8 = 2.045 \times 10^{10}$$

i) $7 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-5} = 7 \times 10^{-4} - 0.3 \times 10^{-4}$
$= 6.7 \times 10^{-4}$

o bien:

$$70 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-5} = 67 \times 10^{-5}$$

4. Elevación de un exponente a otro exponente.

Ejemplos

a) $(10^5)^2 = 10^{5\times2} = 10^{10} = 1 \times 10^{10}$
b) $(10^{-4})^3 = 10^{-4\times3} = 10^{-12} = 1 \times 10^{-12}$
c) $(5 \times 10^2)^2 = 5^2 \times (10^2)^2 = 25 \times 10^4$
d) $(6 \times 10^3)^2 = 36 \times 10^6$
e) $(2 \times 10^5)^4 = 16 \times 10^{20}$

5. Raíz cuadrada de una potencia con base 10. Cuando el exponente es par se procede a obtener la raíz cuadrada directamente.

Ejemplos

a) $\sqrt{10^4} = 10^{4/2} = 10^2 = 1 \times 10^2$
b) $\sqrt{10^8} = 10^{8/2} = 10^4 = 1 \times 10^4$
c) $\sqrt{10^2} = 10^{2/2} = 10$
d) $\sqrt{9 \times 10^6} = \sqrt{9} \times \sqrt{10^6} = 3 \times 10^3$
e) $\sqrt{25 \times 10^{12}} = 5 \times 10^6$

Cuando el exponente es impar, debe convertirse a exponente par, para no obtener un exponente fraccionario como resultado.

f) $\sqrt{64 \times 10^7} = \sqrt{64} \times \sqrt{10^7} = 8 \times 10^{7/2} = 8 \times 10^{3.5}$

Como se puede observar, se obtuvo un exponente fraccionario. Esto se evita transformando el exponente de impar a par. Para ello, podemos aumentar o disminuir en una unidad al exponente, según nos resulte más conveniente. De acuerdo con nuestro ejemplo tenemos:

$$\sqrt{64 \times 10^7} = \sqrt{6.4 \times 10^8} = 2.53 \times 10^4$$

o bien:

$$\sqrt{64 \times 10^7} = \sqrt{640 \times 10^6} = 25.3 \times 10^3$$

que es igual a 2.53×10^4

g) $\sqrt{90 \times 10^{-5}} = \sqrt{9 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^{-2}$
h) $\sqrt{5 \times 10^{-9}} = \sqrt{50 \times 10^{-10}} = 7.071 \times 10^{-5}$

Transformación de unidades de un sistema a otro

En virtud de la existencia de varios sistemas de unidades, todos ellos actualmente en uso, con frecuencia es necesario transformar unidades de un sistema a otro; para ello, es indispensable tener presentes las siguientes equivalencias:

1 m	=	100	cm
1 m	=	1 000	mm
1 cm	=	10	mm
1 km	=	1 000	m
1 m	=	3.28	pies
1 m	=	1.093	yardas
1 pie	=	30.48	cm
1 pie	=	12	pulgadas
1 pulg	=	2.54	cm
1 milla	=	1.609	km
1 libra	=	454	g
1 kg	=	2.2	libras
1 cm^3	=	1	mℓ
1 litro	=	1 000	cm^3
1 litro	=	1	dm^3
1 m^3	=	1 000	litros
1 galón	=	3.785	litros
1 kg_f	=	9.8	N
1 l b_f	=	0.454	kg_f
1 ton	=	10^3	kg

Al conocer estas equivalencias podemos hacer transformaciones, empleando el método llamado de **multiplicar por uno**, mismo que explicaremos a continuación:

Transformar 5 m a cm

Paso 1. Se escribe la cantidad con la unidad de medida que se desea transformar.

5 m

Paso 2. Se pone el signo de multiplicación y una raya de quebrado, ambos signos nos indican que haremos dos operaciones, una de multiplicación y otra de división.

$$5\text{ m} \times \frac{\quad}{\quad}$$

Paso 3. Recordamos la equivalencia unitaria entre las dos unidades involucradas, es decir, la que vamos a transformar y la que deseamos obtener; con ello encontraremos el llamado **factor de conversión**. En este paso siempre tendremos la posibilidad de recordar cualquiera de las dos maneras de expresar las equivalencias que existen entre dos unidades de medida. En nuestro caso, tenemos que **1 m = 100 cm**, o también, sabemos que **1 cm = 0.01 m**. Estas dos equivalencias proporcionan dos factores de conversión que son los siguientes: $\frac{1\text{ m}}{100\text{ cm}}$ y $\frac{1\text{ cm}}{0.01\text{ m}}$, mismos que pueden escribirse también como: $\frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}}$ y $\frac{0.01\text{ m}}{1\text{ cm}}$. En virtud de que en cualquiera de los factores de conversión dividimos una cantidad entre otra cantidad del mismo valor, pero expresada en diferente unidad de medida, el **cociente resulta como un valor de uno**, de ahí el nombre del método (de multiplicar por uno).

Paso 4. Una vez obtenido cualquiera de los dos factores de conversión, bastará seleccionar aquel en que al hacer nuestras operaciones pueda eliminarse la unidad que se desea transformar:

$$5\text{ m} \times \frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}} = \frac{5 \times 1 \times 10^{2}\text{ cm}}{1} = 500\text{ cm}$$

o bien:

$$5\text{ m} \times \frac{1\text{ cm}}{0.01\text{ m}} = 5 \times \frac{1\text{ cm}}{1 \times 10^{-2}} = 500\text{ cm}$$

Ejemplos

1. Transformar 12 km a m

Solución

Paso 1. 12 km

Paso 2. $12\text{ km} \times \frac{\quad}{\quad}$

Paso 3. $1\text{ km} = 1\,000\text{ m} = 1 \times 10^{3}\text{ m}$; o bien, $1\text{ m} = 0.001\text{ km} = 1 \times 10^{-3}\text{ km}$, de donde, los factores de conversión son:

$$\frac{1 \times 10^{3}\text{ m}}{1\text{ km}} \text{ y } \frac{1\text{ m}}{1 \times 10^{-3}\text{ km}}$$

Paso 4. $12\text{ km} \times \frac{1 \times 10^{3}\text{ m}}{1\text{ km}} = \mathbf{12 \times 10^{3}\text{ m}}$

o bien: $12\text{ km} \times \frac{1\text{ m}}{1 \times 10^{-3}\text{ km}} = \mathbf{12 \times 10^{3}\text{ m}}$

Como se puede observar, no importa cuál de los dos factores de conversión se use, pues el resultado es el mismo, sólo debemos cuidar que la unidad que se desea transformar sea eliminada.

2. Transformar 10 pies a metros

Solución

Paso 1. 10 pies

Paso 2. $10\text{ pies} \times \frac{\quad}{\quad}$

Paso 3. 1 m = 3.28 pies; por lo que el factor de conversión es:

$$\frac{1\text{ metro}}{3.28\text{ pies}}$$

Paso 4. $10\text{ pies} \times \frac{1\text{ m}}{3.28\text{ pies}} = \mathbf{3.05\ metros}$

3. Transformar 10 N a kg_f

Solución

Paso 1. 10 N

Paso 2. $10\text{ N} \times \frac{\quad}{\quad}$

Paso 3. $1\text{ kg}_f = 9.8\text{ N}$; el factor de conversión es:

$$\frac{1\text{ kg}_f}{9.8\text{ N}}$$

Paso 4. $10\text{ N} \times \frac{1\text{ kg}_f}{9.8\text{ N}} = \mathbf{1.02\ kg}_f$

4. Transformar 60 kg_f a N

Solución

Paso 1. 60 kg_f

Paso 2. $60\text{ kg}_f \times \frac{\quad}{\quad}$

Paso 3. $1\text{ kg}_f = 9.8\text{ N}$; el factor de conversión es: $\frac{9.8\text{ N}}{1\text{ kg}_f}$

Paso 4. $60\text{ kg}_f \times \frac{9.8\text{ N}}{1\text{ kg}_f} = \mathbf{588\ N}$

Cuando se requiere transformar una magnitud como la velocidad, la cual implica una relación de longitud entre tiempo, el procedimiento es igual al anterior, sólo que habrá dos factores de conversión.

5. Transformar $10\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ a $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Solución

Paso 1. $10\ \frac{km}{h}$

Paso 2. $10\ \frac{km}{h} \times \_\_\_\_ \times \_\_\_\_$

Paso 3. 1 km = 1 000 m y 1 h = 3 600 s; los factores de conversión son:

$$\frac{1 \times 10^3\ m}{1\ km} \text{ y } \frac{1\ h}{3.6 \times 10^3\ s}$$

Paso 4.

$$10\ \frac{km}{h} \times \frac{1 \times 10^3\ m}{1\ km} \times \frac{1\ h}{3.6 \times 10^3\ s} = \mathbf{2.77\ \frac{m}{s}}$$

6. Transformar $2\ \frac{milla}{h}$ a $\frac{m}{s}$

Solución

Paso 1. $2\ \frac{milla}{h}$

Paso 2. $2\ \frac{milla}{h} \times \_\_\_\_ \times \_\_\_\_$

Paso 3. 1 milla = 1 609 m y 1 h = 3 600 s; los factores de conversión son:

$$\frac{1.609 \times 10^3\ m}{1\ milla} \text{ y } \frac{1\ h}{3.6 \times 10^3\ s}$$

Paso 4. $2\ \frac{milla}{h} \times \frac{1.609 \times 10^3\ m}{1\ milla} \times \frac{1\ h}{3.6 \times 10^3\ s} =$

$$= \mathbf{0.89\ \frac{m}{s}}$$

Ejercicios

Transforma:

1. 1.5 km a m
2. 3 000 m a km
3. 8 m a cm
4. 25 cm a m
5. 15 pies a metros
6. 35 metros a pies
7. 12 kg a libra
8. 30 pulgada a cm
9. 15 m a yarda
10. 100 milla a km
11. 0.5 litro a cm^3
12. 10 dm^3 a litro
13. 3 galones a litros
14. $300\ \frac{m}{s}$ a $\frac{km}{h}$
15. $80\ \frac{km}{h}$ a $\frac{m}{s}$
16. $12\ \frac{milla}{h}$ a $\frac{m}{s}$
17. $10\ \frac{km}{h}$ a $\frac{milla}{h}$
18. $80\ \frac{pie}{s}$ a $\frac{km}{h}$
19. 50 kg_f a N

Transformación de unidades cuadráticas y cúbicas

Cuando las unidades que se desean transformar **no son lineales** como la **longitud,** sino **cuadráticas** o **cúbicas** como la **superficie** y el **volumen**, respectivamente, el método de transformación es el mismo, **sólo debemos encontrar el factor de conversión**.

Ejemplos

1. Transformar 2.5 m^2 a cm^2

Solución

Como 1 m = 100 cm, para encontrar a cuánto equivale 1 m^2 en cm^2 basta con elevar al cuadrado cada miembro de la igualdad, así:

$$(1\ m)^2 = (100\ cm)^2$$

donde: $1\ m^2 = 10\,000\ cm^2 = 1 \times 10^4\ cm^2$

por tanto: $2.5\ m^2 \times \frac{1 \times 10^4\ cm^2}{1\ m^2} = \mathbf{2.5 \times 10^4\ cm^2}$

2. Transformar 7 m^2 a pie^2

Solución

$$1\ m = 3.28\ pies$$
$$(1\ m)^2 = (3.28\ pies)^2$$

donde: $1\ m^2 = 10.758\ pies^2$

por tanto: $7\ m^2 \times \frac{10.758\ pies^2}{1\ m^2} = \mathbf{75.306\ pies^2}$

3. Transformar 2 m^3 a cm^3

Solución

Como 1 m = 100 cm, para encontrar a cuánto equivale 1 m^3 en cm^3 basta con elevar al cubo cada miembro de la igualdad, así:

$$(1\text{ m})^3 = (100\text{ cm})^3$$

donde: $1\text{ m}^3 = 1\,000\,000\text{ cm}^3 = 1 \times 10^6\text{ cm}^3$

por tanto: $2\text{ m}^3 \times \dfrac{1 \times 10^6\text{ cm}^3}{1\text{ m}^3} = \mathbf{2 \times 10^6\ cm^3}$

4. Transformar 10 m^3 a pie^3

Solución

$$1\text{ metro} = 3.28\text{ pies}$$

$$(1\text{ m})^3 = (3.28\text{ pies})^3$$

donde: $1\text{ m}^3 = 35.287\text{ pies}^3$

por tanto: $10\text{ m}^3 \times \dfrac{35.287\text{ pies}^3}{1\text{ m}^3} = \mathbf{352.87\ pies^3}$

5. Transformar $2\ \dfrac{\text{pies}^3}{\text{s}}$ a $\dfrac{\text{cm}^3}{\text{s}}$

Solución

$$1\text{ pie} = 30.48\text{ cm}$$

$$(1\text{ pie})^3 = (30.48\text{ cm})^3$$

$$1\text{ pie}^3 = 28\,316.8\text{ cm}^3 = 2.83 \times 10^4\text{ cm}^3$$

por tanto: $2\ \dfrac{\text{pies}^3}{\text{s}} \times \dfrac{2.83 \times 10^4\text{ cm}^3}{1\text{ pie}^3} = \mathbf{5.66 \times 10^4\ \dfrac{cm^3}{s}}$

Ejercicios

Transforma:

1. 1.5 cm^2 a mm^2
2. 35 mm^2 a cm^2
3. 3 m^2 a cm^2
4. 0.8 m^2 a cm^2
5. 200 cm^2 a m^2
6. 5 pie^2 a m^2
7. 18 m^3 a cm^3
8. 5 m^3 a litros
9. 1 000 ℓ a m^3
10. 30 m^3 a pie^3
11. 150 pie^3 a m^3
12. 35 $\dfrac{\text{pie}^3}{\text{s}}$ a $\dfrac{\text{cm}^3}{\text{s}}$

1.4 Instrumentos de medición

En nuestras actividades cotidianas, o en las que se realizan en la industria (Fig. 1.30) o la investigación, siempre se busca realizar las mediciones con cuidado, procurando que los instrumentos o aparatos



Figura 1.30
Al construir una unidad habitacional con base en los planos, el proceso de medición sobre el terreno debe realizarse con cuidado y con aparatos e instrumentos de la mayor precisión posible.

empleados estén calibrados y proporcionen resultados confiables. Sin embargo, hay que tener presente que cuando se mide una magnitud física, **el valor que se obtiene no será exactamente igual al valor verdadero de dicha magnitud**, por más que se realice con el mayor cuidado y se utilicen aparatos bien calibrados y de gran precisión. Por tanto, se puede decir que **en las mediciones no existe una medida exacta**, ya que es imposible medir el valor de una magnitud sin imprecisión alguna. Por ello, es muy importante determinar qué tan cercano es el resultado obtenido al valor verdadero o valor real. Para lograrlo, se lleva a cabo el llamado **análisis del error**, que nos permite llegar a conclusiones importantes respecto a los resultados experimentales obtenidos. Para comprender la importancia que tiene para el estudio de la ciencia el determinar el valor de una magnitud física con la mayor precisión posible, de manera que se acerque a su valor exacto, abordaremos el ejemplo siguiente.

Para medir el tiempo que tarda un corredor en recorrer los 100 m planos en una competencia olímpica, los jueces utilizan cronómetro, graduados para leer valores hasta de centésimas de segundo, es decir, 0.01 s; no obstante, el tiempo podría ser medido en milésimas, millonésimas, milmillonésimas, etc., de segundo. Como se puede apreciar, un cronómetro graduado para leer valores hasta de 0.01 s, puede ser útil para una competencia olímpica, pero es insuficiente para medir fenómenos en los que se necesitan aparatos de mayor precisión, como los que se utilizan para medir la vida media de las partículas; tal es el caso de los mesones, que son partículas de masa intermedia entre el electrón y el protón, y cuya vida media es de 25 nanosegundos, es decir, 25×10^{-9} s. En este caso, la graduación de los aparatos para medir estos tiempos es de milmillonésimas de segundo (1×10^{-9} s), pero la graduación podría ser de picosegundos (1×10^{-12} s), etc. En conclusión, **no es posible** obtener **la medida exacta**, a pesar de que siempre existirá la posibilidad de contar con aparatos e instrumentos más precisos, conforme avanza la ciencia y ésta se aplica por medio de la tecnología.

La **precisión** de un aparato o instrumento de medición es igual a **la mitad de la unidad más pequeña que pueda medir**. También recibe el nombre de **incertidumbre** o **error del instrumento o aparato de medida**. Por ejemplo, si se realiza la medición de la masa utilizando una balanza que está graduada para leer valores hasta de décimas de gramo (0.1 g), la precisión, incertidumbre o error de la balanza será: $\frac{0.1}{2} = 0.05$ g, ya sean de más o de menos (± 0.05 g). Si se utiliza un cronómetro construido para medir tiempos de centésimas de segundo (0.01 s), su precisión será: $\frac{0.01}{2} = \pm 0.005$ segundos.

Tipos de errores en las mediciones

Ya mencionamos que entre el valor verdadero o exacto de una magnitud cualquiera y el valor que se obtiene al medirla, siempre habrá una diferencia que recibe el nombre de **error de medición** o también el de **incertidumbre de la medición**. Por tanto, al no ser posible una medición exacta debemos procurar reducir al mínimo el error, empleando técnicas adecuadas y aparatos o instrumentos cuya precisión nos posibilite obtener resultados satisfactorios, cuanto más precisa es la medición, menor será el error o incertidumbre de la medición. Una manera de acercarnos al valor real es **repetir el mayor número de veces posible la medición** y obtener la **media aritmética o valor promedio de las mediciones**, ya que el promedio de las mediciones es el valor representativo y más probable de dicho conjunto de mediciones. Así pues, no obstante que el valor real de una magnitud siempre será imposible de medir con exactitud, cuando se le asigna un valor al error o incertidumbre que puede haber en una medición, se podrá tener la confianza de que el valor real se encuentra dentro del intervalo de la **incertidumbre absoluta del valor promedio o desviación media**. Es por ello que se necesita determinar dicha incertidumbre absoluta, para poder tener una idea del grado de confiabilidad de los datos obtenidos al realizar las mediciones de una magnitud.

Causas de error en las mediciones

Los errores que se cometen al hacer una medición tienen diferentes causas, veamos:

Errores sistemáticos

Estos errores se presentan de manera constante en un conjunto de lecturas realizadas al hacer la medición de una magnitud determinada. Las fuentes o causas de este tipo de errores son:

a) **Defecto en el instrumento de medición.** Se produce, por ejemplo, al determinar el tiempo con un cronómetro que marche más rápido o más lento de lo debido.

b) **Mala calibración del aparato o instrumento usado.** Se da por fallas de fabricación.

c) **Error de escala.** Se produce por el grado de precisión del instrumento empleado.

Errores circunstanciales (estocásticos o aleatorios)

Este tipo de errores no se repiten de manera regular de una medición a otra, sino que varían, y sus causas se deben a los efectos provocados por las variaciones de presión, humedad y temperatura del ambiente sobre los instrumentos. Así, por ejemplo, debido a las variaciones de temperatura, la longitud de una regla puede variar ligeramente de una medición a otra; o una balanza sensible puede proporcionar variaciones pequeñas al medir varias veces la masa de un cuerpo. Los errores circunstanciales pueden llamarse estocásticos, ya que son difíciles de apreciar debido a que son muy pequeños y **se producen en forma irregular** o **estocástica**, de una medición a otra, es decir, **azarosa**. También recibe el nombre de **error aleatorio** porque son el resultado de **factores inciertos** y, por tanto, tienen la misma posibilidad de ser positivos o negativos.

Otro ejemplo de error circunstancial es el **error de paralaje**. Éste se comete por una incorrecta postura del observador, la cual impide realizar una lectura adecuada de la medición. Para evitar este error, la posición del ojo del observador debe estar justo sobre la lectura que realiza.

Cuantificación del error en las mediciones

Para cuantificar el error cometido al medir una magnitud, se consideran los siguientes tipos de errores:

Error absoluto o desviación absoluta, también recibe el nombre de incertidumbre absoluta

Es la diferencia entre el valor medido y el valor promedio.

Error relativo

Es el cociente entre el error absoluto o incertidumbre absoluta, y el valor promedio. (Se expresa en valores absolutos, sin importar el signo del error absoluto.)

Error porcentual

Es el error relativo, multiplicado por 100, con lo cual queda expresado en porcentaje.

A continuación, revisemos la sección de Ejemplos, por medio de la cual es posible cuantificar el error absoluto, relativo y porcentual que se comete al medir una magnitud.

Ejemplos

Los seis integrantes de un equipo de trabajo miden individualmente la longitud a lo largo del laboratorio escolar y obtienen los siguientes datos:

1. 10.57 m
2. 10.58 m
3. 10.54 m
4. 10.53 m
5. 10.59 m
6. 10.57 m

Calcular

a) El valor promedio de las mediciones.
b) El error absoluto o desviación absoluta de cada medición.
c) La desviación media o incertidumbre absoluta del valor promedio.
d) El error relativo de cada medición.
e) El error porcentual de cada medición.

Solución

a) $$\textbf{Valor promedio} = \frac{\text{suma de todas las mediciones}}{\text{número de mediciones realizadas}} = \bar{x}$$

$$\Sigma \text{ de mediciones} = 10.57\text{ m} + 10.58\text{ m} + 10.54\text{ m} + 10.53\text{ m} + 10.59\text{ m} + 10.57\text{ m} = 63.38\text{ m}$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma \text{ de mediciones}}{\text{número de mediciones}} = \frac{63.38\text{ m}}{6} = 10.5633\text{ m}$$

Como se puede observar, mientras las mediciones sólo tienen dos cifras decimales, el valor promedio tiene cuatro cifras decimales, por lo que se debe redondear el valor promedio, con el fin de que su **orden de magnitud** y el de las mediciones sea el mismo. En este problema, el redondeo se hará a dos cifras decimales. Para ello, se sigue el procedimiento denominado **redondeo de cifras**, en el cual, para obtener el número de cifras significativas de un cálculo, se redondea el valor al número de cifras significativas deseadas, eliminando uno o más dígitos a la derecha de acuerdo con las reglas siguientes:

1. Si el primer dígito a eliminar es menor que 5, el dígito más próximo a su izquierda queda igual. Ejemplo: si desean redondear 8.74 y 5.32 a dos cifras significativas quedarían como 8.7 y 5.3, respectivamente.
2. Si el primer dígito a eliminar es mayor o igual que 5, el dígito más próximo a su izquierda se incrementa en una unidad, ejemplos: 4.86 se redondea a 4.9; 9.75 se redondea a 9.8.

Con base en las reglas de redondeo de cifras, nuestro valor promedio será:

$$\bar{x} = \mathbf{10.56\text{ m}}$$

Valor promedio o media aritmética. Se obtiene al sumar todas las mediciones hechas de una magnitud, y después dividir la suma entre el número de mediciones realizadas.

b) **Error absoluto o desviación absoluta de cada una de las mediciones (también recibe el nombre de incertidumbre absoluta)**

$$E_A = \text{valor medido} - \text{valor promedio}$$

1. $10.57\text{ m} - 10.56\text{ m} = 0.01\text{ m}$
2. $10.58\text{ m} - 10.56\text{ m} = 0.02\text{ m}$
3. $10.54\text{ m} - 10.56\text{ m} = -0.02\text{ m}$
4. $10.53\text{ m} - 10.56\text{ m} = -0.03\text{ m}$
5. $10.59\text{ m} - 10.56\text{ m} = 0.03\text{ m}$
6. $10.57\text{ m} - 10.56\text{ m} = 0.01\text{ m}$

Error absoluto. Se obtiene al restar, al valor medido, el valor promedio.

Al calcular el error absoluto o desviación absoluta de cada medición nos posibilita saber cómo se ubica dicha medición con respecto al valor promedio. Un error absoluto o desviación absoluta negativa indica que el valor de la medición es menor al valor promedio.

c) **Desviación media o incertidumbre absoluta del valor promedio**

Como el valor promedio no representa realmente el valor exacto de la magnitud medida, debemos hacer una estimación del error con la **desviación media** del conjunto de medidas con respecto al valor promedio; para ello, bastará con obtener la media aritmética de las distintas desviaciones. En nuestro caso, sumaremos

los seis valores absolutos de las desviaciones, es decir, los seis errores absolutos sin considerar su signo, y después dividiremos entre seis. Veamos:

$$\Sigma \text{ de valores absolutos de las desviaciones} = 0.01\text{ m} + 0.02\text{ m} + 0.02\text{ m} + 0.03\text{ m} + 0.03\text{ m} + 0.01\text{ m} = 0.12\text{ m}$$

$$Dm = \frac{\Sigma \text{ de valores absolutos de las desviaciones}}{\text{número de valores}} = \frac{0.12\text{ m}}{6}$$

$$Dm = 0.02\text{ m}$$

Una vez determinada la desviación media, ésta se considera como **la incertidumbre absoluta o error absoluto** de nuestro valor promedio que es de 0.02 m. De donde concluimos que la longitud a lo largo del laboratorio escolar se debe reportar como:

$$\mathbf{10.56\text{ m} \pm 0.02\text{ m}}$$

Lo anterior significa que si se realiza otra medición de la longitud a lo largo del laboratorio escolar, dicha medida estaría comprendida entre 10.54 m y 10.58 metros.

Desviación media o incertidumbre absoluta del valor promedio. Es el resultado de sumar los errores absolutos sin considerar su signo, y después dividir dicho valor entre el número de errores absolutos que se sumaron.

d) **Error relativo de cada una de las mediciones**

$$E_R = \frac{\textbf{Error absoluto o incertidumbre absoluta}}{\textbf{valor promedio}}$$

1. $\frac{0.01\text{ m}}{10.56\text{ m}} = 0.000946$
2. $\frac{0.02\text{ m}}{10.56\text{ m}} = 0.001893$
3. $\frac{0.02\text{ m}}{10.56\text{ m}} = 0.001893$
4. $\frac{0.03\text{ m}}{10.56\text{ m}} = 0.002840$
5. $\frac{0.03\text{ m}}{10.56\text{ m}} = 0.002840$
6. $\frac{0.01\text{ m}}{10.56\text{ m}} = 0.000946$

e) **Error porcentual de cada una de las mediciones**

$$E_p = \text{error relativo} \times 100$$

1. $0.000946 \times 100 = 0.0946\%$
2. $0.001893 \times 100 = 0.1893\%$
3. $0.001893 \times 100 = 0.1893\%$
4. $0.002840 \times 100 = 0.2840\%$
5. $0.002840 \times 100 = 0.2840\%$
6. $0.000946 \times 100 = 0.0946\%$

Resuelve ahora el siguiente ejercicio

Al medir el tiempo que tarda en caer un cuerpo desde cierta altura, se encontraron los siguientes datos:

1. 2.56 s	**2.** 2.54 s	**3.** 2.59 s
4. 2.52 s	**5.** 2.57 s	**6.** 2.51 s

Calcular

a) El valor promedio de las mediciones.

b) El error absoluto o incertidumbre absoluta, el error relativo y el porcentual para cada medición.

c) La desviación media o incertidumbre absoluta del valor promedio.

d) ¿Cómo debe reportarse el valor del tiempo que tarda en caer el cuerpo?

Respuestas

a) $x = 2.55$ s (según las reglas de redondeo de cifras)

b)

Errores absolutos	Errores relativos	Errores porcentuales
1. 0.01	**1.** 0.003921	**1.** 0.3921 %
2. −0.01	**2.** 0.003921	**2.** 0.3921 %
3. 0.04	**3.** 0.015686	**3.** 1.5686 %
4. −0.03	**4.** 0.011764	**4.** 1.1764 %
5. 0.02	**5.** 0.007843	**5.** 0.7843 %
6. −0.04	**6.** 0.015686	**6.** 1.5686 %

c) $Dm = 0.03$ s (redondeando la cifra)

d) $2.55\text{ s} \pm 0.03\text{ s}$

Para tu reflexión

La *Mars Climate* se estrelló en Marte porque la NASA no transformó kilómetros a millas*

Hace ya tiempo que los organismos públicos estadounidenses, empezando por la CIA y la NASA, pasando por la Casa Blanca y el Pentágono, no son perfectos ni en las películas de Hollywood. Pero en ocasiones sus errores rozan el bochorno. Éste es el caso de la nave *Mars Climate Orbiter*, que se estrelló en Marte. Según informó la NASA, el fallo estuvo en una confusión entre millas y kilómetros. Tan simple como eso. La sonda, construida para navegar según el sistema inglés, recibió antes del despegue las instrucciones de vuelo en el sistema métrico decimal.

El Jet Propulsion Laboratory, de Pasadena, encargado de programar los sistemas de navegación de la sonda, usa el sistema métrico decimal (milímetros, metros, kilómetros y kilogramos) para realizar sus cálculos, mientras que otro laboratorio, el Lockheed Martin Astronau-

* Tomado del periódico español *El País*.



Satélite artificial alrededor de la Tierra.

tics de Denver, que diseñó y construyó la *Mars Climate Orbiter*, utiliza el sistema inglés (pulgadas, pies y libras).

Sin embargo, los datos de navegación no fueron transformados de un sistema a otro antes del lanzamiento al espacio de la *Mars Climate*, llamada a ser el primer satélite interplanetario de estudio y seguimiento del clima. Como consecuencia, la nave sufrió una severa confusión, una especie de esquizofrenia que le llevó a alcanzar el planeta rojo en una posición de órbita equivocada, por lo que se estrelló.

El 23 de septiembre de 1999 el artefacto se perdió, y ahora debe ser pura chatarra espacial. Una chatarra que costó a los contribuyentes estadounidenses la friolera de 125 millones de dólares. El comunicado de la NASA, que reconoce con bochorno ese error de colegial, añade que durante el muchísimo tiempo que colaboraron en el diseño de la sonda, los dos equipos no se percataron de que estaban trabajando con sistemas de unidades diferentes.

Error crítico

Uno de ellos operaba desde el laboratorio de la NASA, en Pasadena (California), y el otro desde el centro de astronáutica en Colorado de la poderosa compañía privada Lockheed Martin. Uno de esos equipos, el de Lockheed Martin, trabajaba, como toda la industria estadounidense, con el sistema anglosajón, que mide la distancia en millas, yardas, pies y pulgadas, y el peso en libras y onzas. El otro, el específico de la NASA, con el sistema métrico decimal, el clásico en el continente europeo, que utiliza metros y kilómetros, gramos y kilogramos.

Para tu reflexión

¿Inventos o descubrimientos?

Los inventos y los descubrimientos no son lo mismo, toda vez que un invento es algo que se crea porque antes no existía, mientras que el descubrimiento se refiere a algo que existía, pero no era conocido.

Galileo Galilei descubrió los satélites de Júpiter, mismos que ya existían, pero nadie los conocía, hasta que Galileo los encontró con su telescopio. Por su parte, Thomas Alva Edison, físico estadounidense (1847-1931), fue el inventor de numerosos aparatos eléctricos, como la lámpara de incandescencia, el fonógrafo y un acumulador, aparatos que no existían hasta que Edison los creó.

Es importante reflexionar que, en algunas ocasiones, los descubrimientos se realizan porque ha influido la casualidad; pero en la mayoría de los casos encierran actos creativos. Revisemos el siguiente ejemplo: antes de que el médico inglés Alexander Fleming (1881-1955) descubriera en 1928 la penicilina en un moho, los biólogos ya sabían que determinadas plantas pequeñas de la familia de los hongos llamadas mohos pueden destruir algunas bacterias. Sin embargo, fue Fleming quien creó la idea de que una sustancia destructora de bacterias podía extraerse del moho, lo que lo llevó al descubrimiento de la penicilina. Sin la brillante idea de Fleming de buscar una sustancia aniquiladora de bacterias en un moho, la penicilina quizá aún no hubiera sido descubierta.

Aplica lo que sabes

Reúnete con un compañero y midan la altura de una torre, un edificio, una antena, o cualquier otra cosa que se encuentre a una altura difícil de medir de manera directa, con una regla graduada o una cinta métrica. ¿Cómo lo harán? Pues simplemente midiendo de manera simultánea la sombra proyectada sobre el suelo, y comparándola con la sombra proyectada por una regla graduada colocada en forma perpendicular a éste, y haciendo unas operaciones aritméticas sencillas, al establecer relaciones de proporcionalidad.

Veamos cómo, observando la figura 1.31. Como se puede apreciar, con la altura del edificio y su sombra y la altura de la regla graduada

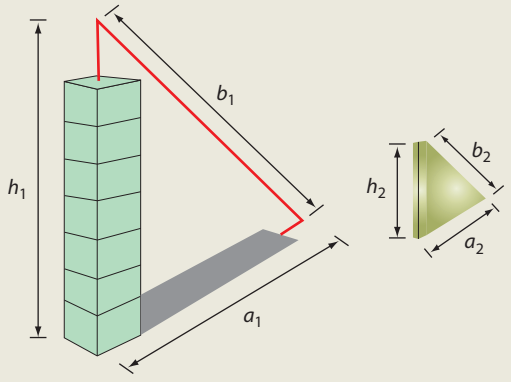


Figura 1.31
Cálculo de la altura de un edificio, al medir su sombra proyectada y compararla con la sombra proyectada por una regla graduada.

y su sombra se forman dos triángulos semejantes, es decir: $h_1a_1b_1$ y $h_2a_2b_2$.

Debido a su semejanza, podemos relacionar la altura (h_2) de la regla graduada y su sombra (a_2) con la altura (h_1) del edificio y su sombra (a_1) de la siguiente manera:

$$\frac{h_1}{a_1} = \frac{h_2}{a_2}$$

Para conocer la altura del edificio sólo se requiere medir las sombras, despejar h_1 y sustituir datos; así, habrás calculado su altura de manera indirecta y gracias a la propagación rectilínea de la luz.

Con la supervisión de tu profesor(a) comenta con tus compañeros qué beneficio obtuviste con esta actividad.

Uso de TIC

Para saber más acerca de los errores en la medición, uso del micrómetro, vernier y balanza, consulta la siguiente página de Internet: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/unidades/unidadMedida.html

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: Completa el siguiente cuadro, escribiendo para cada magnitud física, la unidad de medida que se utiliza en el Sistema Internacional, en el Sistema Inglés, y la que tú utilizas más en tu vida cotidiana, ya sea alguno de estos dos sistemas u otra unidad práctica.

Magnitud física	Sistema Internacional	Sistema Inglés	La que más utilizo en mi vida cotidiana
Longitud			
Masa			
Tiempo			
Volumen			
Peso			
Velocidad			

1. Para conocer la distancia que hay de la Tierra a la Luna, se envió desde la Tierra un rayo láser a la Luna, que se reflejó por medio de un espejo previamente colocado en la superficie lunar, para regresar nuevamente a la Tierra. Al conocer la magnitud de la velocidad del rayo láser y el tiempo que tardó en ir y regresar de la Luna, se pudo determinar la distancia de la Tierra a la Luna con mucha precisión. A continuación, escribe si el método que se utilizó fue directo o indirecto y por qué:

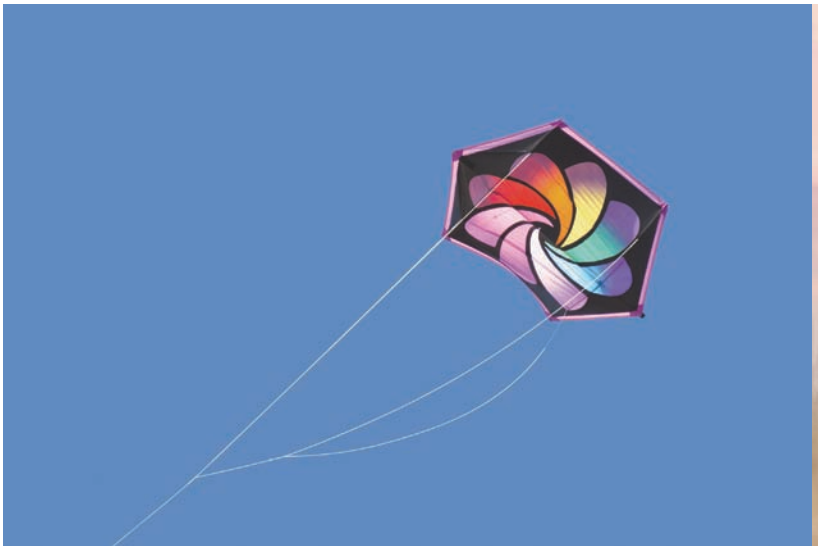
2. Expresa los siguientes valores con una sola cifra entera utilizando la notación científica.
   1. Radio de la Tierra: 6 371 500 m
   2. Distancia de la Tierra a la Luna: 380 000 km
   3. Distancia de la Tierra al Sol: 150 000 000 km
   4. Magnitud aproximada de la velocidad de la luz: 300 000 km/s
   5. Masa de un automóvil compacto: 1 600 000 g
   6. Masa de una partícula de plata: 0.000 009 kg
   7. Diámetro del átomo de hidrógeno: 0.000 000 1 mm
   8. Tamaño del núcleo del átomo de uranio: 0.000 000 000 02 mm

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de su profesor(a) intercambia tus respuestas con un compañero(a), discutan las contestaciones que dieron. Participen comentando sus respuestas con las demás parejas, de tal manera que intercambien ideas, experiencias y conocimientos adquiridos, lo que fortalecerá su aprendizaje y el trabajo grupal.

Situación didáctica ¿Cómo lo resolverías?

¿Qué fuerzas intervienen en el vuelo de las cometas o papalotes?





Secuencia didáctica ¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de acciones que debes seguir para contestar la pregunta formulada. Realízalas con espíritu emprendedor, colaborativo, propositivo y creativo.

1. Forma un equipo de trabajo de cuatro integrantes. Investiguen en la bibliografía, vía Internet, o consultando a un amigo, familiar o conocido, cómo se construye una cometa.
2. Pónganse de acuerdo para conseguir el material necesario para que cada quien construya su cometa o papalote.
3. Seleccionen un lugar en el cual puedan volar sus cometas.
4. Observen cómo es el vuelo realizado por cada cometa y después reúnanse para que realicen predicciones acerca de las posibles explicaciones y de las variables que intervienen en el vuelo de cada uno de sus cometas. Escriban sus predicciones en su cuaderno.
5. Investiguen en la bibliografía a su alcance o vía Internet, cuál es la explicación del vuelo de una cometa o papalote. Comparen sus predicciones con el resultado de su investigación y digan qué tan acertados estuvieron y por qué. Escríbanlo cada quien en su cuaderno o en la carpeta creada en su computadora.
6. Elaboren de manera gráfica la representación de las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa.
7. Elaboren en papel rotafolio o en cartulinas su resumen y la representación gráfica de las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa.
8. De acuerdo con las instrucciones de su profesor(a) participen de manera organizada, respetuosa y entusiasta, en la exposición de su investigación, su representación gráfica de las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa, sus experiencias personales en la realización de su cometa y la investigación realizada. Comenten qué dificultades tuvieron y cómo las resolvieron. Recuerden que el intercambio de ideas, conocimientos y experiencias fortalece su aprendizaje.

Rúbrica

¿Cómo sabes que los hiciste bien?

Criterios que deben considerar para resolver la pregunta hecha en la situación didáctica y que serán de utilidad para que ustedes mismos y su profesor(a) puedan evaluar y valorar su desempeño:

1. Construya cada quien su cometa con el tamaño que considere conveniente.
2. Observen qué cometa vuela más alto y cuál más bajo.
3. Intercambien ideas de tal modo que lleguen a un acuerdo acerca de la forma en que predicen las causas del porqué una cometa vuela más alto y otra más bajo.
4. Participen de manera responsable en la investigación bibliográfica o por Internet, acerca de la explicación del vuelo de una cometa.
5. Pónganse de acuerdo en la forma en que representarán las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa.
6. En la exposición de su resumen y representación gráfica de las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa, ante sus compañeros(as) participen todos de manera organizada.
7. Sugieran a sus compañeros cómo lograr que una cometa vuele más alto, o bien, reciban de ellos sus recomendaciones.

Autoevaluación

Con el propósito de que reflexiones acerca de los resultados obtenidos después de resolver la pregunta formulada en la situación didáctica, responde en tu cuaderno lo siguiente:

1. Construí mi cometa y voló muy bien. Sin embargo, tuve algunas dificultades para hacerla y éstas fueron (escríbelas).
2. Participé en las predicciones acerca del porqué del vuelo de un cometa, ya que predije lo siguiente (escríbelo).
3. Investigué acerca del vuelo de las cometas y me pareció muy relevante lo siguiente (escríbelo).
4. Logré ponerme de acuerdo en la forma en que representaríamos las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa y ésta fue la siguiente (descríbela).
5. Participé en la exposición del resumen que hicimos de nuestra investigación y a mí me tocó lo siguiente (descríbelo).
6. Aprendí cómo lograr que una cometa vuele más alto y para ello, debe hacerse lo siguiente (descríbelo).
7. Llegué a la conclusión de que para representar correctamente las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa, debe hacerse de la siguiente forma (haz tu representación gráfica).

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), intercambia con un compañero o compañera, las respuestas a las preguntas anteriores, lean sus respectivas respuestas, evalúenlas y después, comenten entre ustedes ideas experiencias y aprendizajes adquiridos. Esta actividad les posibilitará enriquecer sus conocimientos.

Portafolio de evidencias

Enriquece tu portafolio de evidencias

- Guarda tu resumen y tu representación gráfica de las fuerzas que intervienen en el vuelo de una cometa, ya sea en tu carpeta física o en la carpeta que creaste en tu computadora. Tu profesor(a) te indicará cuándo debes mostrarle tu carpeta o enviarle tu archivo por correo electrónico.

Magnitudes escalares y vectoriales

En nuestra vida diaria, constantemente nos referimos a diferentes magnitudes físicas. Por ejemplo, cuando compramos azúcar pedimos 1 kg, 2 kg, 5 kg o un costal de 50 kg. De igual manera, al hablar de la temperatura del ambiente nos referimos a 20 °C, 25 °C, 30 °C o 45 °C, según la estación del año. Al buscar un terreno para construir una casa, especificamos si lo deseamos de 120 m^2, 200 m^2 o 300 m^2. En los casos anteriores, al hablar de masa, temperatura y área o superficie, respectivamente, para definirlas bastó señalar la cantidad expresada en números y el nombre de la unidad de medida. Éstas y otras magnitudes, como la longitud, el tiempo, el volumen, la densidad y la frecuencia, reciben el nombre de magnitudes escalares. Por definición, **una magnitud escalar es aquella que queda perfectamente definida con sólo indicar su cantidad expresada en números y la unidad de medida**.

Existe otro tipo de magnitudes que para definirlas, además de la cantidad expresada en números y el nombre de la unidad de medida, se necesita indicar claramente **la dirección y el sentido en que actúan**; éstas reciben el nombre de **magnitudes vectoriales**. Por ejemplo, cuando una persona visita la ciudad de México y nos pregunta cómo llegar al Castillo de Chapultepec, dependiendo de dónde se encuentre le diremos aproximadamente a qué distancia está y la dirección a seguir. Lo mismo sucede cuando hablamos de la fuerza que se debe aplicar a un cuerpo, pues aparte de señalar su magnitud, debemos especificar si la fuerza se aplicará hacia arriba o hacia abajo, a la derecha o a la izquierda, hacia el frente o hacia atrás. Además de los dos ejemplos anteriores de desplazamiento y fuerza, existen entre otras las siguientes **magnitudes vectoriales: velocidad, aceleración, impulso mecánico** y **cantidad de movimiento**.

Cualquier magnitud vectorial puede ser representada de manera gráfica por medio de una flecha llamada vector, la cual es un segmento de recta dirigido. Para simbolizar una magnitud vectorial trazamos una flechita horizontal sobre la letra que la define. Veamos: $\vec{v}$, $\vec{d}$, $\vec{F}$ y $\vec{a}$ representan un vector velocidad, desplazamiento, fuerza y aceleración, respectivamente. Si se desea expresar sólo la magnitud del vector, la letra se coloca entre barras: $|\vec{v}|$, $|\vec{d}|$, $|\vec{F}|$ y $|\vec{a}|$; o simplemente, se escribe la letra sola.

De acuerdo con nuestro ejemplo, sólo se escribiría la letra, ya sea *v*, *d*, *F* o *a*. En este libro, en la mayoría de los casos, escribiremos únicamente la letra sin flecha arriba, cuando hagamos referencia sólo a la magnitud del vector de que se trate.

1.5 Vectores

Un vector cualquiera tiene las siguientes características:

1. **Punto de aplicación u origen.**
2. **Magnitud, intensidad o módulo del vector.** Indica su valor y se representa por la longitud del vector de acuerdo con una escala convencional.
3. **Dirección,** señala la línea sobre la cual actúa, puede ser horizontal, vertical u oblicua, y es el ángulo que forma la línea de acción del vector con respecto al eje *X* positivo.
4. **Sentido,** queda señalado por la punta de la flecha e indica hacia dónde actúa el vector. El sentido del vector se puede identificar de manera convencional con signos (+) o (−) (Fig. 1.32).

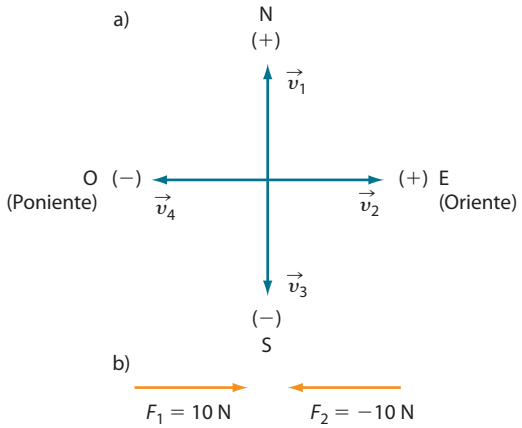


Figura 1.32
a) Representación del sentido de los vectores por medio de signos convencionales de acuerdo con un sistema de coordenadas cartesianas y a los puntos cardinales. En b) se observan gráficamente dos vectores cuya dirección y magnitud es la misma, pero su sentido es diferente.

En la figura 1.32 a) se representan gráficamente dos vectores ($\vec{v}_1$ y $\vec{v}_3$) cuya dirección es vertical; pero uno es vertical hacia arriba, es decir, positivo; el otro es vertical hacia abajo o sea negativo. También se muestran dos vectores ($\vec{v}_2$ y $\vec{v}_4$), cuya dirección es horizontal, pero uno es horizontal a la derecha, es decir, positivo, y el otro es horizontal a la izquierda, o sea, es negativo.

En la figura 1.32 b) se muestran dos vectores ($\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$), cuya magnitud (10 N) y dirección (horizontal) es la misma, sin embargo, su sentido es diferente, $\vec{F}_1$ es (+) o a la derecha y $\vec{F}_2$ es (−) o a la izquierda.

Nota: Con respecto a las características de un vector, algunos autores sólo manejan tres: punto de aplicación, magnitud y dirección, en donde la dirección se define como el ángulo que forma la línea de acción del vector con respecto al eje *X* positivo, por lo que el sentido es una consecuencia de la dirección. Por nuestra parte, con fines didácticos que facilitan hablar de equilibrante y resultante, fuerzas colineales, negativo de un vector, tercera ley de Newton, etc., nos referiremos al sentido como una característica más de un vector.

Cómo establecer la escala de un vector

Para representar un vector necesitamos una escala convencional, la cual estableceremos según nuestras necesidades, de acuerdo con la magnitud y el tamaño requerido del vector. Si queremos representar un vector en una cartulina no usaremos la misma escala que si lo hacemos en una hoja de nuestro cuaderno. Por ejemplo, si se desea representar en una cartulina un vector fuerza de 350 N dirección horizontal y sentido positivo, podemos usar una escala de 1 cm igual a 10 N; así, con sólo medir y trazar una línea de 35 cm estará representado. Pero en nuestro cuaderno esta escala sería muy grande, lo recomendable es una escala de 1 cm = 100 N, por lo que nuestro vector estaría representado por una flecha de 3.5 cm de longitud, es decir:

Escala 1 cm = 100 N

$F = 350$ N

(Longitud del vector: 3.5 cm)

En general, lo recomendable es **usar escalas de 1:1, 1:10, 1:100 y 1:1 000**, siempre que sea posible. Por ejemplo, si tenemos cuatro vectores, todos ellos de dirección horizontal y con el mismo sentido (+), cuyos valores son:

$F_1 = 3.5$ N; $F_2 = 40$ N;

$F_3 = 580$ N; $F_4 = 4\,200$ N

y queremos representarlos gráfica e individualmente en nuestro cuaderno, las escalas recomendables serían:

para F_1: 1 cm = 1 N; para F_2: 1 cm = 10 N;

para F_3: 1 cm = 100 N; para F_4: 1 cm = 1 000 N

Representación gráfica de sistemas de vectores coplanares, no coplanares, colineales y angulares o concurrentes. Concepto de vectores deslizantes y libres

Los vectores son **coplanares** si se encuentran en un mismo plano, de lo contrario son no coplanares. (Fig. 1.33).

Vectores deslizantes. Son aquellos que se pueden desplazar o deslizar a lo largo de su línea de acción, es decir, en su misma dirección (ver más adelante Propiedades de un vector).

Vectores libres. Son aquellos que no tienen un punto de aplicación en particular. En la figura 1.34 se muestran tres vectores libres, representados por $\vec{a}$, $\vec{b}$ y $\vec{c}$.

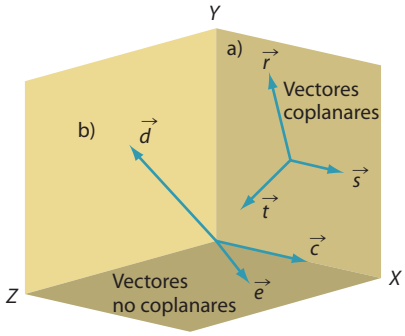


Figura 1.33
En a) se observan tres vectores coplanares ($\vec{r}$, $\vec{s}$, $\vec{t}$), en b) se muestran tres vectores no coplanares ($\vec{c}$, $\vec{d}$, $\vec{e}$).

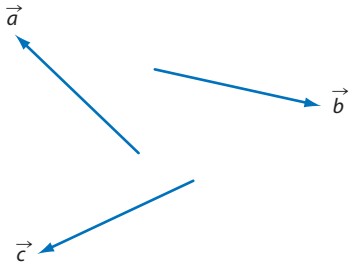


Figura 1.34
Los vectores $\vec{a}$, $\vec{b}$ y $\vec{c}$ son libres, ya que no tienen un punto de aplicación en particular.

Sistema de vectores colineales

Se tiene un sistema de **vectores colineales** cuando dos o más vectores se encuentran en la misma dirección o línea de acción (Fig. 1.35).



Figura 1.35
Sistema de vectores colineales.

Sistema de vectores concurrentes o angulares

Un **sistema de vectores es concurrente** cuando la dirección o línea de acción de los vectores se cruza en algún punto; el punto de cruce constituye el punto de aplicación de los vectores (Fig. 1.36). A estos vectores **se les llama angulares o concurrentes porque forman un ángulo entre ellos**.

Resultante y equilibrante de un sistema de vectores

La resultante de un sistema de vectores es el vector que produce por sí mismo igual efecto que los demás vectores del sis-

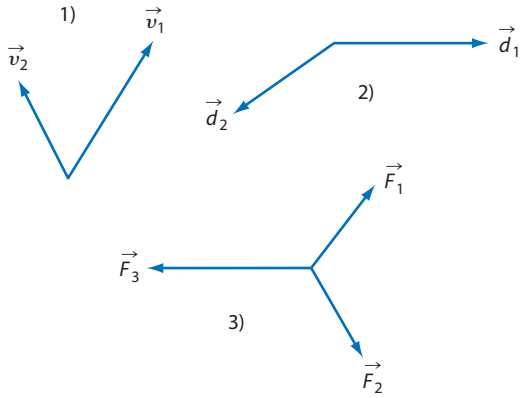


Figura 1.36
Tres ejemplos de vectores concurrentes.

tema. Por ello, un vector resultante es aquel capaz de sustituir un sistema de vectores.

La equilibrante de un sistema de vectores es el vector que es capaz de cancelar el vector resultante de un sistema de vectores. Por tanto, tiene la misma magnitud y dirección que la resultante, pero con sentido contrario (Fig. 1.37).

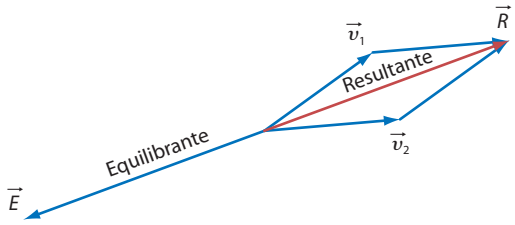


Figura 1.37
Resultante y equilibrante de un sistema de vectores. Tienen la misma magnitud y dirección, pero diferente sentido.

Propiedades de un vector

a) **Igualdad de vectores**

Dos vectores son iguales cuando su magnitud, dirección y sentido también son iguales. Esta propiedad posibilita el traslado de un vector en un diagrama, siempre y cuando se haga en forma paralela a dicho vector. En la figura 1.38 se observan los vectores $\vec{a}$, $\vec{b}$ y $\vec{c}$, los cuales son iguales entre sí, no obstante que su punto de aplicación u origen no es el mismo.

b) **Adición**

Sólo se pueden sumar dos o más vectores, si tienen las mismas unidades de medida. Por ejemplo, no es posible sumar un vector fuerza con un vector desplazamiento. Las magnitudes escalares tampoco se pueden sumar si no tienen las mismas unidades de medida. Por ejemplo, no se puede sumar el tiempo con el volumen.

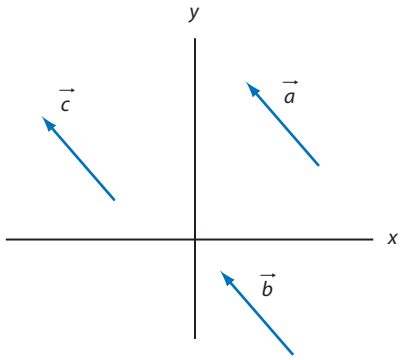


Figura 1.38
Los vectores $\vec{a}$, $\vec{b}$ y $\vec{c}$ son iguales entre sí.

c) **Negativo de un vector**

El negativo de un vector cualquiera, por ejemplo de un vector $\vec{a}$, **se define como aquel vector que sumado al vector $\vec{a}$, da un resultado igual a cero**. Por tanto: $\vec{a} + (-\vec{a}) = 0$. En conclusión, el negativo de un vector tiene la misma magnitud y dirección de dicho vector, pero su sentido es contrario.

d) **Ley conmutativa de la adición de vectores**

Cuando se suman dos vectores, la resultante de la adición es la misma, sin importar el orden en que se sumen los vectores. Por ejemplo, al sumar un vector $\vec{a}$ con un vector $\vec{b}$, la resultante será la misma si se suma $\vec{a} + \vec{b}$, o bien, $\vec{b} + \vec{a}$. La adición vectorial y la adición escalar obedecen a la ley conmutativa. Por ejemplo, es lo mismo sumar $3 + 2$ que $2 + 3$. En la figura 1.39 se demuestra la ley conmutativa.

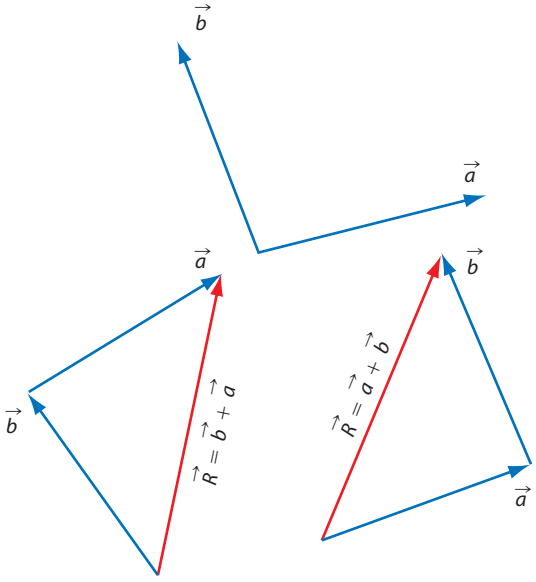


Figura 1.39
Ley conmutativa de la adición de vectores: $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$

e) **Propiedad de transmisibilidad del punto de aplicación**

El efecto externo de un vector deslizante no se modifica si es trasladado en su misma dirección, es decir, sobre su propia línea de acción. Por ejemplo, si se desea mover un cuerpo horizontalmente aplicando una fuerza, el resultado será el mismo si empujamos el cuerpo o si lo jalamos (Fig. 1.40).

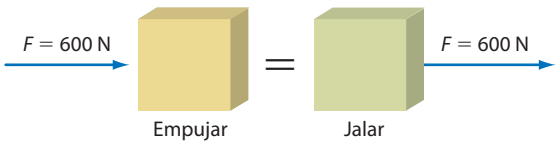


Figura 1.40
Propiedad de transmisibilidad del punto de aplicación de un vector.

f) **Propiedad de los vectores libres**

Los vectores no se modifican si se trasladan paralelamente a sí mismos (Fig. 1.41). Esta propiedad la utilizaremos al sumar vectores por los métodos gráficos del paralelogramo, triángulo y polígono, los cuales estudiaremos más adelante.

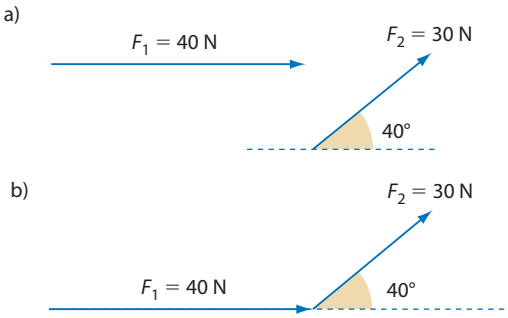


Figura 1.41
Propiedad de los vectores libres. En a) vemos dos vectores libres, en b) los vectores no se modifican si se trasladan paralelamente a sí mismos.

Suma de vectores

Cuando necesitamos sumar dos o más magnitudes escalares de la misma especie lo hacemos aritméticamente. Por ejemplo, 2 kg + 5 kg = 7 kg; $20\,m^2 + 10\,m^2 + 5\,m^2 = 35\,m^2$; 3 h + 4 h = 7 h. Sin embargo, para sumar **magnitudes vectoriales, que como ya mencionamos, además de magnitud tienen dirección y sentido**, debemos utilizar métodos diferentes a una simple suma aritmética. **Estos métodos pueden ser gráficos o analíticos**, pero en ambos casos se consideran, además de la magnitud del vector, la dirección y el sentido.

Ejemplos

1. Un jinete y su caballo cabalgan 3 km al norte y después 4 km al oeste.

Calcular

a) ¿Cuál es la distancia total que recorren?

b) ¿Cuál fue su desplazamiento?

Solución

a) Como la distancia es una magnitud escalar, encontramos la distancia total recorrida al sumar aritméticamente las dos distancias:

$$d_t = d_1 + d_2 = 3\,km + 4\,km = 7\,km$$

b) Para encontrar su **desplazamiento, que es una magnitud vectorial**, toda vez que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos (el de partida y el de llegada), debemos hacer un diagrama vectorial.

Para ello, dibujamos a escala el primer desplazamiento de 3 km realizado al norte, representado por $\vec{d}_1$, y después el segundo desplazamiento de 4 km al oeste representado por $\vec{d}_2$ (Fig. 1.42). Posteriormente, unimos el origen del vector $\vec{d}_1$ con el extremo del vector $\vec{d}_2$ con el fin de encontrar el vector resultante $\vec{R}$ equivalente a la suma vectorial de los dos desplazamientos. El origen del vector resultante $\vec{R}$ es el mismo que tiene el origen del vector $\vec{d}_1$ y su extremo coincide con el del vector $\vec{d}_2$. Para calcular la magnitud de $\vec{R}$ medimos su longitud de acuerdo con la escala utilizada, y su dirección se determina por el ángulo α que forma. Así, encontramos que $\vec{R}$ = 5 km con un ángulo α de 37° en dirección noroeste.

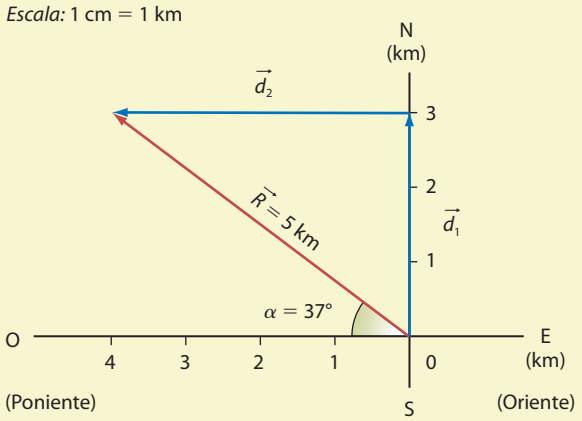


Figura 1.42
Suma vectorial de dos desplazamientos: $\vec{d}_1 + \vec{d}_2$.

2. Una lancha de motor efectúa los siguientes desplazamientos: 300 m al oeste, 200 m al norte, 350 m al noreste y 150 m al sur.

Calcular

a) ¿Qué distancia total recorre?

b) Determinar gráficamente, ¿cuál es su desplazamiento resultante, en qué dirección actúa, y cuál es el valor de su ángulo medido respecto al oeste?

Solución

a) La distancia total es igual a:

$$d_t = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_t = 300\text{ m} + 200\text{ m} + 350\text{ m} + 150\text{ m} = \mathbf{1\,000\text{ m}}$$

b) Como se muestra en la figura 1.43, el desplazamiento resultante de la lancha es de 300 m en dirección noroeste, que forma un ángulo de 80.5° medido con respecto al oeste.

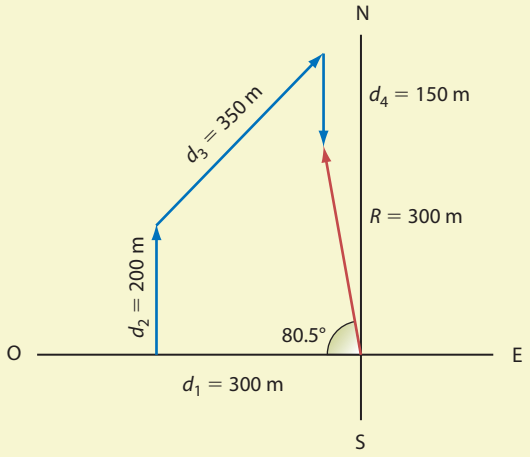


Figura 1.43
Desplazamientos de una lancha.

3. Una ardilla camina en busca de comida, efectuando los siguientes desplazamientos: 15 m al sur, 23 m al este, 40 m en dirección noreste con un ángulo de 35° medido respecto al este, 30 m en dirección noroeste, que forma un ángulo de 60° medido con respecto al oeste, y finalmente 15 m en una dirección suroeste con un ángulo de 40° medido respecto al oeste (Fig. 1.44).

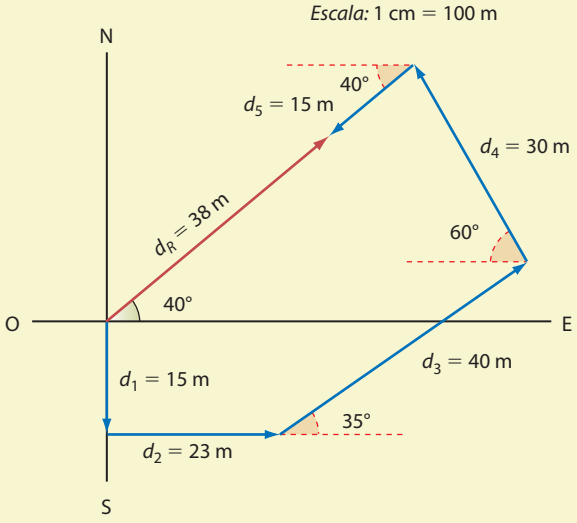


Figura 1.44
Desplazamiento de una ardilla y su desplazamiento resultante.

Calcular

a) ¿Cuál es la distancia total recorrida?

b) Mediante una escala conveniente representa gráficamente los desplazamientos; determina el valor del desplazamiento resultante, la dirección en que se efectúa, y el valor del ángulo formado con respecto al este.

Solución

a) La distancia total es igual a:

$$d_t = 15\text{ m} + 23\text{ m} + 40\text{ m} + 30\text{ m} + 15\text{ m} = 123\text{ m}$$

b) Al medir el desplazamiento resultante encontramos que es igual a 38 m en dirección noreste, con un ángulo de 40° medido respecto al este.

Ejercicios

1. Un deportista camina al salir de su casa 2 km al este (oriente) y luego 2 km al oeste (poniente).

Calcula

a) ¿Qué distancia recorrió?

b) ¿Cuál fue su desplazamiento?

2. Un niña en patines efectúa dos desplazamientos, el primero de 7 km al norte y el segundo de 5 km al este.

Calcula

a) ¿Cuál es la distancia total recorrida por la niña?

b) Encuentra gráficamente cuál es el desplazamiento resultante, así como la dirección en que actúa y el valor del ángulo medido respecto al este.

3. Un basquetbolista efectúa los siguientes desplazamientos: 6 m al este, 4 m en dirección noreste y finalmente 2 m al norte.

Calcula

a) ¿Cuál es la distancia total que recorre?

b) Encuentra en forma gráfica el desplazamiento resultante, en qué dirección actúa, y cuál es el valor del ángulo medido respecto al este.

4. Un caballo realiza los siguientes desplazamientos: 3 km al sur, 4 km al este, 2.5 km en dirección noreste con un ángulo de 37° medido respecto al este, y 2.4 km al norte.

Calcula

a) ¿Cuál es la distancia total recorrida por el caballo?

b) Determina gráficamente el desplazamiento resultante, la dirección y el valor del ángulo medido respecto al este.

5. Un nadador realiza los siguientes desplazamientos: 300 m al oeste, 200 m al norte, 350 m en dirección noroeste formando un ángulo de 40° medido con respecto al oeste, 600 m al sur y por último, 250 m en dirección sureste, formando un ángulo de 30° medido respecto al este.

Calcula

a) ¿Cuál es la distancia total recorrida?

b) Determina gráficamente el valor del desplazamiento resultante, la dirección en que se efectúa, y el valor del ángulo formado respecto al oeste.

Descomposición y composición rectangular de vectores por métodos gráficos y analíticos

Un sistema de vectores puede sustituirse por otro equivalente que contenga un número mayor o menor de vectores que el sistema considerado. Si el sistema equivalente tiene un número mayor de vectores, el procedimiento se llama **descomposición**. Si tiene un número menor de vectores, el procedimiento se denomina **composición**.

En la figura 1.45 se muestra un vector $\vec{a}$, cuyo punto de aplicación se ha colocado en el origen de un sistema de **coordenadas cartesianas** o **coordenadas rectangulares**. Si a partir del extremo del vector $\vec{a}$ trazamos una línea perpendicular hacia el eje de las x y otra hacia el eje de las y (Fig. 1.46), los vectores $\vec{a}_x$ y $\vec{a}_y$ así formados, reciben el nombre de **componentes** del vector $\vec{a}$. Este proceso recibe el nombre de **descomposición de un vector en sus componentes rectangulares**. Se denominan rectangulares porque las componentes forman entre sí un ángulo recto (90°); también se les denominan componentes perpendiculares.

Ahora, revisemos el siguiente ejemplo numérico:

Encontrar gráfica y analíticamente las componentes rectangulares del vector que se muestra en la figura 1.47.

Para encontrar de manera gráfica las componentes rectangulares o perpendiculares del vector, primero tenemos que establecer una escala. Para este caso tenemos que 1 cm = 10 N.

Trazamos nuestro vector al medir el ángulo de 30° con el transportador (ver figura de la derecha). Después, a partir del extremo del vector, trazamos una línea perpendicular hacia el eje de las x y otra hacia el eje de las y. En el punto de intersección del eje x, quedará

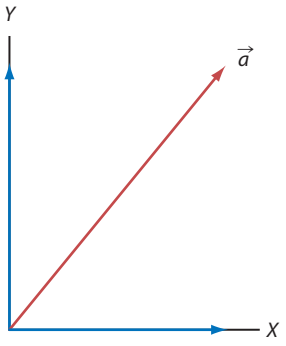


Figura 1.45
Vector $\vec{a}$ cuyo punto de aplicación se ha colocado en el origen de un sistema de coordenadas cartesianas o coordenadas rectangulares.

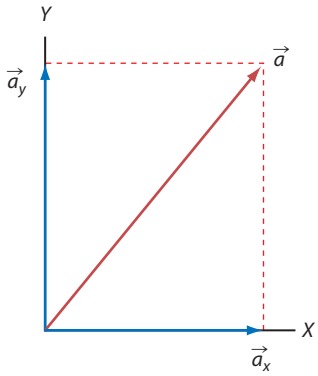


Figura 1.46
Descomposición del vector $\vec{a}$ en sus componentes rectangulares o componentes perpendiculares.

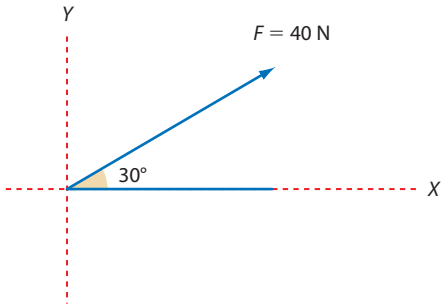
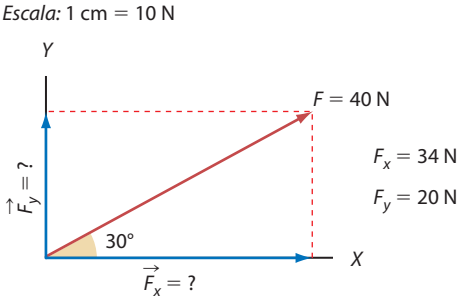


Figura 1.47
Vector $\vec{F}$ tiene una magnitud de 40 N con un ángulo de 30° con respecto al eje horizontal o eje x.

el extremo del vector componente $\vec{F}_x$. En el punto de intersección del eje y quedará el extremo del vector componente $\vec{F}_y$. En ambos componentes su origen será el mismo que tiene el vector $F = 40$ N el cual estamos descomponiendo:



Para encontrar la magnitud de la componente en x del vector $\vec{F}$ o sea $\vec{F}_x$ basta medir con la regla la longitud, y de acuerdo con la escala encontrar su magnitud. En este caso mide aproximadamente 3.4 cm que representan 34 N.

Para hallar la magnitud de la componente en y del vector $\vec{F}$ o sea $\vec{F}_y$, es suficiente medir con la regla la longitud, y según la escala encon-

trar su magnitud, que en este caso es de aproximadamente 2.0 cm, es decir, de 20 N.

Solución por el método analítico

Con el fin de determinar la magnitud de las componentes en forma analítica, observemos que se forma un triángulo rectángulo al proyectar una línea hacia el eje de las *x* y otro al proyectar una línea hacia el eje de las *y*. Trabajaremos sólo con el triángulo rectángulo formado al proyectar la línea hacia el eje de las *x*. Las componentes perpendiculares del vector $\vec{F}$ serán: para $\vec{F}_x$ el cateto adyacente, y para $\vec{F}_y$ el cateto opuesto al ángulo de 30°. Por tanto, debemos calcular cuánto valen estos dos catetos; para ello, utilizaremos las funciones trigonométricas seno y coseno.

Cálculo de F_y:

$$\text{sen } 30° = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_y}{F};$$

despejamos F_y:

$$F_y = F \text{ sen } 30° = 40 \text{ N} \times 0.5 = 20 \text{ N}$$

Cálculo de F_x:

$$\cos 30° = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_x}{F};$$

despejamos F_x:

$$F_x = F \cos 30° = 40 \text{ N} \times 0.8660 = 34.64 \text{ N}$$

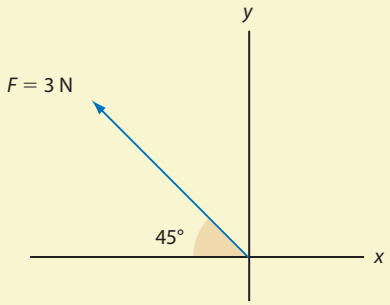
Si comparamos los dos resultados obtenidos para calcular la magnitud de $\vec{F}_y$ y $\vec{F}_x$ en forma gráfica y analítica, encontraremos una pequeña diferencia. Esto se explica si consideramos que al hallar las componentes en forma gráfica estamos expuestos a cometer errores al trazar el vector y al medir la magnitud de las componentes. En cambio, en forma analítica se eliminan estos errores y la magnitud de las componentes se calcula con mayor precisión.

Nota: En el caso de trabajar con el triángulo rectángulo formado al proyectar la línea hacia el eje de las *y*, las componentes perpendiculares del vector $\vec{F}$ serán: para $\vec{F}_x$ el cateto opuesto y para $\vec{F}_y$ el cateto adyacente al ángulo de 60° (90° – 30° = 60°).

Ejemplos

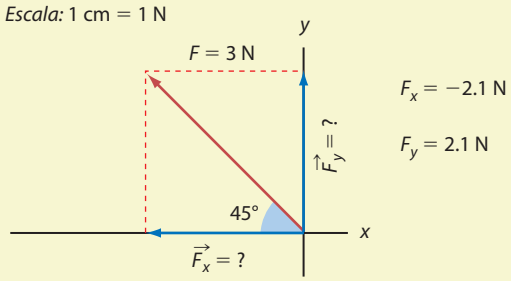
Descomposición y composición rectangular de vectores

1. Encontrar en forma gráfica y analítica las componentes rectangulares o perpendiculares del siguiente vector:



Solución

En forma gráfica, de acuerdo con una escala convencional de 1 cm = 1 N, las componentes rectangulares tienen las siguientes magnitudes:



Método analítico

$$F_x = -F \cos 45° = -3 \text{ N} \times 0.7071 = -2.1213 \text{ N}$$

$$F_y = F \text{ sen } 45° = 3 \text{ N} \times 0.7071 = 2.1213 \text{ N}$$

El signo menos de la componente en *x* se debe a que su sentido es a la izquierda.

2. Con una cuerda, un niño jala un carro con una fuerza de 80 N, la cual forma un ángulo de 40° con el eje horizontal como se puede observar en la figura 1.48.

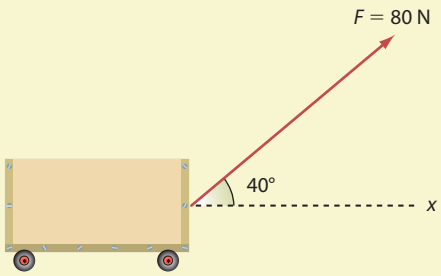


Figura 1.48
Carro jalado con una fuerza de 80 N que forma un ángulo de 40° respecto al eje horizontal o eje *x*.

Calcular

a) La magnitud de la fuerza que jala el carro horizontalmente.

b) La magnitud de la fuerza que tiende a levantar al carro.

Solución

a) La fuerza que jala al carro horizontalmente es la componente horizontal ($\vec{F}_x$) de la fuerza de 80 N (Fig. 1.49), cuya magnitud es:

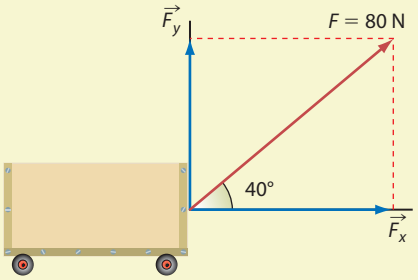


Figura 1.49
Componentes rectangulares o perpendiculares de la fuerza de 80 N.

$$F_x = F\cos 40°$$
$$F_x = 80\text{ N} \times 0.7660 = \mathbf{61.28\text{ N}}$$

b) La fuerza que tiende a levantar al carro es la componente vertical ($\vec{F}_y$) de la fuerza de 80 N (figura 1.51), cuya magnitud es:

$$F_y = F\,\text{sen}\,40°$$
$$F_y = 80\text{ N} \times 0.6428 = \mathbf{51.42\text{ N}}$$

3. Dadas las componentes rectangulares o perpendiculares de un vector, encontrar el vector resultante por el método gráfico y analítico. Encuentra también el ángulo que forma la resultante con respecto al eje horizontal (figura 1.50).

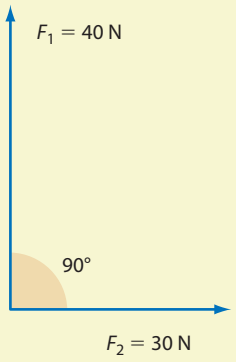


Figura 1.50

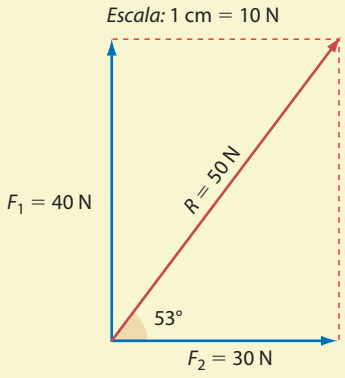


Figura 1.51

Método gráfico del paralelogramo:

Para encontrar la resultante, es decir, aquel vector capaz de sustituir un sistema de vectores al usar el método gráfico, basta con trazar primero las componentes $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ utilizando una escala conveniente, y después una paralela a $\vec{F}_1$ a partir de $\vec{F}_2$ y una paralela a $\vec{F}_2$ a partir de $\vec{F}_1$. La resultante será la línea que une el origen de los dos vectores con el punto donde hacen intersección las dos paralelas (figura 1.51). **Este método se llama del paralelogramo**, porque se forma un cuadrilátero cuyos lados opuestos son paralelos.

La resultante tiene su origen en el mismo punto que las componentes. Medimos la longitud de la resultante y vemos que mide aproximadamente 5 cm; éstos equivalen a 50 N, y el ángulo de la resultante es de 53°.

Si se desea que el sistema quede en equilibrio, será necesario tener un vector de la misma magnitud y dirección que la resultante, pero de sentido contrario; a este vector se le llama **equilibrante**.

Método analítico

Para encontrar analíticamente la magnitud de la resultante ($\vec{R}$) utilizaremos el **teorema de Pitágoras**, pues observamos que este vector es la hipotenusa y F_1 y F_2 son los catetos, por tanto:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(40)^2 + (30\text{N})^2} = 50\text{ N}$$

Para calcular el ángulo que forma la resultante, utilizamos la función tangente:

$$\tan\alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} = \frac{40\text{ N}}{30\text{ N}} = 1.333$$

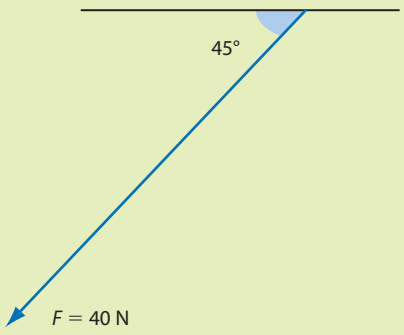
$\therefore \alpha$ es igual a un ángulo cuya tangente es 1.333, es decir

$$\text{oc} = \tan^{-1} 1.33 \therefore$$
$$\alpha = 53.1° = 53°6'$$

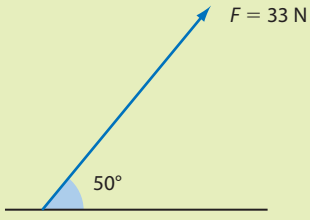
Ejercicios

1. Encuentra por el método gráfico y analítico las componentes rectangulares o perpendiculares de los siguientes vectores:

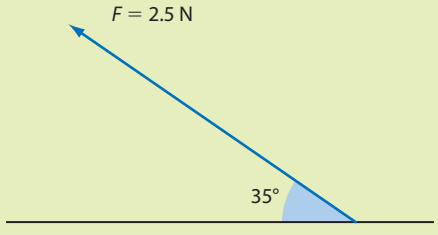
a)



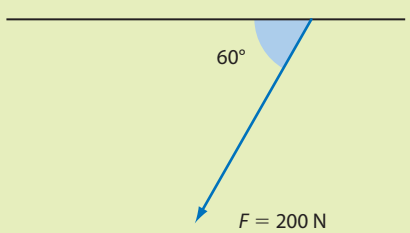
b)



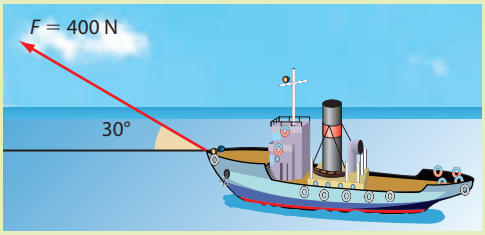
c)



d)



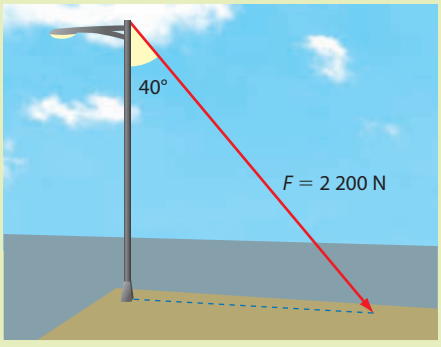
2. Con ayuda de una cuerda, se jala un bote aplicando una fuerza cuya magnitud es de 400 N, la cual forma un ángulo de 30° con el eje horizontal, como se puede observar en la figura siguiente:



a) Determina con el método analítico la magnitud de la fuerza que jala al bote horizontalmente.

b) Calcula en forma analítica la magnitud de la fuerza que tiende a levantar al bote.

3. Determina gráfica y analíticamente las magnitudes de las componentes rectangulares o perpendiculares de la fuerza de 2 200 N que ejerce el cable para sostener un poste, como se aprecia en la figura siguiente:



4. Encuentra gráfica y analíticamente la magnitud de las componentes rectangulares o perpendiculares de los siguientes vectores, cuyos ángulos están medidos respecto al eje horizontal positivo, es decir, el eje *x* positivo:

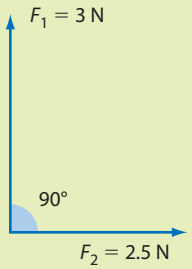
a) $F = 320$ N
$\measuredangle 25°$

b) $d = 45$ m
$\measuredangle 70°$

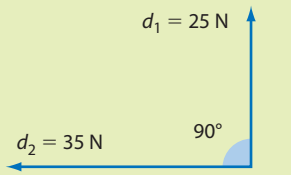
c) $v = 8$ m/s
$\measuredangle 130°$

5. Por medio de los métodos gráfico y analítico, halla para cada uno de los casos siguientes la magnitud del vector resultante y el ángulo que forma respecto a la horizontal.

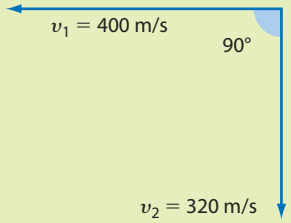
a)



b)



c)



6. La magnitud resultante de la suma de dos velocidades perpendiculares equivale a 100 m/s. Si una de las velocidades tiene una magnitud de 60 m/s, calcula la magnitud de la otra velocidad.

Actividad de aprendizaje

1. Escribe dentro del paréntesis una letra E si se trata de una magnitud escalar y una letra V si se trata de una magnitud vectorial.

( ) Fuerza
( ) Temperatura
( ) Velocidad
( ) Desplazamiento
( ) Tiempo
( ) Aceleración
( ) Longitud
( ) Masa

2. Si quisieras representar en tu cuaderno un vector desplazamiento de 500 m con dirección vertical y sentido positivo, ¿qué escala propondrías y por qué?

3. Dibuja en el siguiente recuadro un sistema de tres vectores que sean colineales:

4. Encuentra gráfica y analíticamente en los siguientes espacios la magnitud de las componentes rectangulares o perpendiculares de un vector $\vec{F} = 54$ N que forma un ángulo de 65° con respecto al eje horizontal.

Solución gráfica

Solución analítica

Resolución de problemas de aplicación práctica de sistemas de vectores colineales y concurrentes, en forma gráfica y analítica

Ya señalamos, en el subtema **Representación gráfica de sistemas de vectores coplanares**... que cuando dos o más vectores se encuentran en la misma dirección o línea de acción se tiene un sistema de vectores colineales. En nuestra vida diaria, es común que tengamos contacto con distintas fuerzas que actúan como vectores colineales. Por ello, a continuación revisaremos en qué consiste un sistema de fuerzas colineales.

Sistema de fuerzas colineales

Un sistema de fuerzas colineales se forma cuando **sobre un objeto actúan dos o más fuerzas con una misma línea de acción**, es decir, en la misma dirección. Por ejemplo, si sobre un carrito aplicamos dos o más fuerzas colineales, la resultante de las mismas dependerá del sentido en que éstas actúen. Veamos los siguientes tres casos:

Caso 1: Fuerzas colineales con sentidos contrarios (Fig. 1.52).

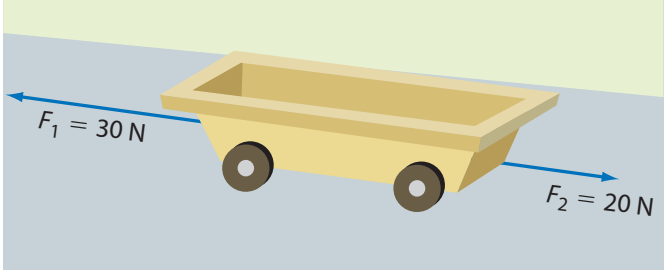


Figura 1.52

La resultante de las dos fuerzas colineales será igual a la suma algebraica.

$$R = \Sigma F = F_1 + F_2 = -30\,\text{N} + 20\,\text{N} = -10\,\text{N}$$

La resultante tiene signo negativo, lo que nos indica que el carrito se moverá hacia la izquierda con una fuerza neta o resultante cuyo valor es de 10 newtons.

Caso 2: Fuerzas colineales con el mismo sentido (Fig. 1.53).

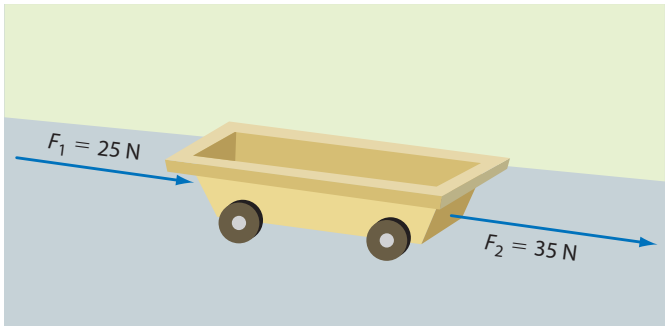


Figura 1.53

La magnitud de la resultante de las dos fuerzas colineales será igual a la suma (Σ) algebraica:

$$R = \Sigma F = F_1 + F_2 = 25\,\text{N} + 35\,\text{N} = 60\,\text{N}$$

Como las dos fuerzas colineales actúan hacia la derecha, su signo es positivo y producen una resultante cuyo valor es de 60 N.

Caso 3: Fuerzas colineales con magnitudes iguales y sentidos contrarios (Fig. 1.54).

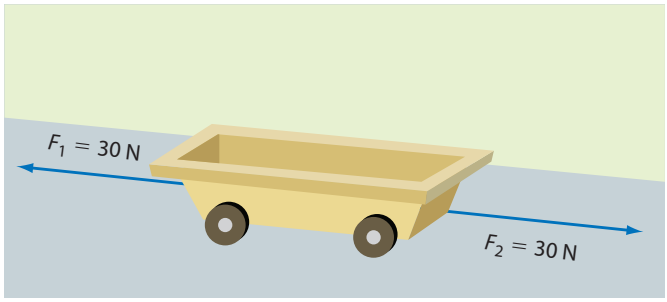


Figura 1.54

La resultante de las dos fuerzas colineales será igual a su suma algebraica:

$$R = \Sigma F = F_1 + F_2 = -30\,\text{N} + 30\,\text{N} = 0$$

Puesto que al sumar las dos fuerzas la resultante es igual a cero, el carrito estará en equilibrio o en reposo, toda vez que las dos fuerzas se equilibran entre sí.

Suma de dos vectores concurrentes o angulares

Cuando en forma gráfica se desean sumar dos vectores concurrentes se utiliza el **método del paralelogramo** ya descrito en la sección anterior, mientras que para encontrar la resultante por el método analítico se usará el **teorema de Pitágoras** si los dos vectores forman un ángulo de 90°, pero si forman cualquier otro ángulo se usará la **ley de los cosenos,** y para calcular el ángulo de la resultante se aplicará la **ley de los senos**.

Por ser necesario para la resolución de problemas de sistemas de vectores, haremos un breve repaso de algunos conocimientos que con seguridad ya has estudiado en tus cursos de matemáticas con respecto a la trigonometría. Veamos algunos de ellos.

Funciones trigonométricas y teorema de Pitágoras

En un triángulo rectángulo (con un ángulo de 90°) encontramos las siguientes funciones trigonométricas:

$$\textbf{seno } \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\textbf{coseno } \alpha = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

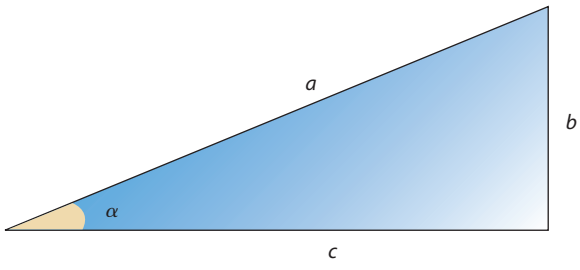
$$\textbf{tangente } \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

Considerando el siguiente triángulo rectángulo:

***a* = hipotenusa**

***b* = cateto opuesto al ángulo α**

***c* = cateto adyacente al ángulo α**



De acuerdo con nuestras definiciones:

$$\text{sen } \alpha = \frac{b}{a} \;\therefore\; b = a \,\text{sen } \alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{c}{a} \therefore c = a\cos\alpha$$

$$\tan\alpha = \frac{b}{c} \therefore b = c\tan\alpha$$

Estas expresiones serán de utilidad cuando se conozca uno de los **ángulos agudos** (aquellos que miden menos de 90°) y uno de los lados de un triángulo rectángulo; con ello, podremos calcular los otros dos lados, por medio de las funciones trigonométricas.

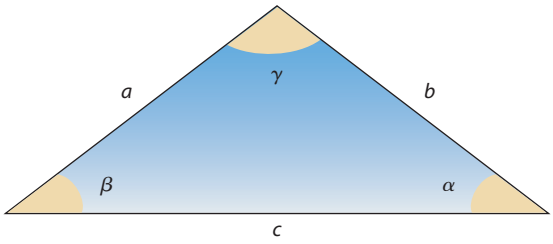
Cuando se conocen dos lados de un triángulo rectángulo, podemos calcular el otro lado utilizando el **teorema de Pitágoras**, que dice: **"El cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos".**

$$a^2 = b^2 + c^2 \therefore a = \sqrt{b^2 + c^2}$$

Ley de los senos y ley de los cosenos

La ley de los senos establece que en cualquier **triángulo oblicuo** (aquellos que no tienen ningún ángulo recto) se cumplen las siguientes relaciones:

$$\frac{a}{\text{sen}\,\alpha} = \frac{b}{\text{sen}\,\beta} = \frac{c}{\text{sen}\,\gamma}$$

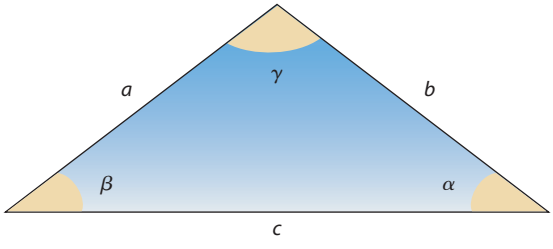


La ley de los cosenos establece que en cualquier triángulo, en especial en los oblicuos, el cuadrado de un lado es igual a la suma del cuadrado de los otros dos lados, menos su doble producto, multiplicado por el coseno del ángulo formado por estos dos lados.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac\cos\beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$



Esta ley servirá para encontrar el lado de un triángulo, si se conocen los otros dos, y el ángulo que forman entre sí. La emplearemos para encontrar la resultante de la suma de dos vectores concurrentes o angulares.

Signos de las funciones trigonométricas seno y coseno

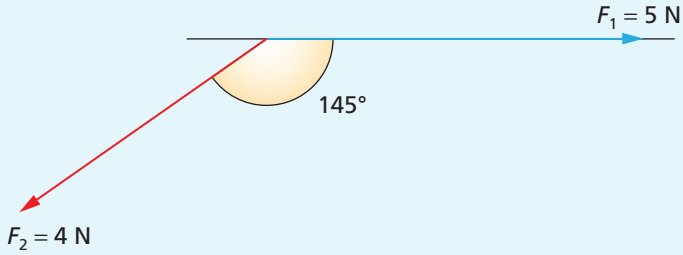
Signos de funciones

	Primer cuadrante (0° a 90°)	Segundo cuadrante (90° a 180°)	Tercer cuadrante (180° a 270°)	Cuarto cuadrante (270° a 360°)
Seno	+	+	−	−
Coseno	+	−	−	+

Revisa con atención los siguientes ejemplos de la suma de dos vectores angulares o concurrentes, por los métodos gráfico y analítico.

Ejemplos

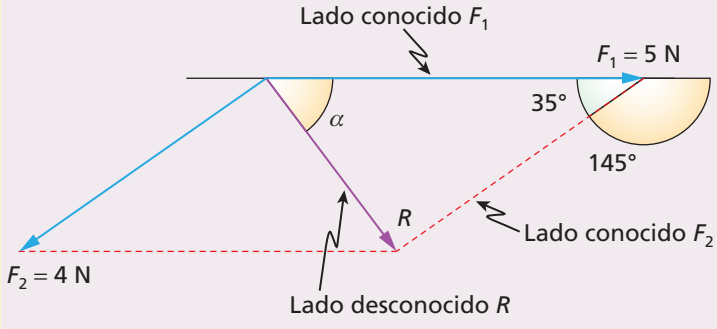
1. Determinar por los métodos gráfico y analítico la resultante, así como el ángulo que forma con el eje horizontal en la siguiente suma de vectores angulares o concurrentes.



Solución

Método gráfico

Escala: 1 cm = 1 N



$R = 2.85$ N

$\alpha = 53°$

Método analítico

Para calcular el lado desconocido, es decir la magnitud de la resultante, utilizamos la ley de los cosenos y el ángulo que forman entre sí los lados conocidos en el triángulo oblicuo que se trabajará, es decir, 35°. De donde:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos 35°}$$
$$= \sqrt{5^2 + 4^2 - 2 \times 5 \times 4 \times 0.8192}$$
$$= \sqrt{25 + 16 - 32.768}$$
$$= \sqrt{8.232} = \mathbf{2.87\ N}$$

Cálculo del ángulo que forma la resultante con respecto al eje horizontal.

De acuerdo con la ley de los senos tenemos que:

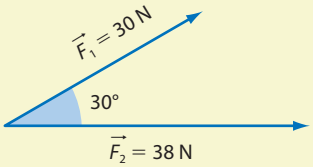
$$\frac{F_2}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{R}{\operatorname{sen}35°} \quad \therefore \quad \operatorname{sen}\alpha = \frac{F_2 \operatorname{sen}35°}{R}$$

$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{4 \times 0.5736}{2.87} = 0.7994$$

α = ángulo cuyo seno es 0.7994, es decir:

$\alpha = \operatorname{sen}^{-1} 0.7994 = 53.07° = 53°\ 4'$

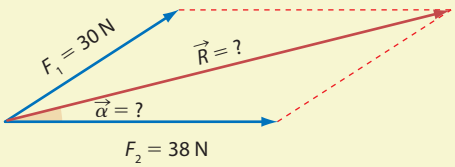
2. Por el método gráfico y analítico hallar la resultante y el ángulo que forma con la horizontal en la siguiente suma de vectores:



Método gráfico

Establecemos primero la escala y trazamos los vectores con su ángulo de 30°. Dibujamos la paralela de cada vector y obtenemos el paralelogramo. Medimos la resultante y el ángulo formado.

Escala: 1 cm = 10 N



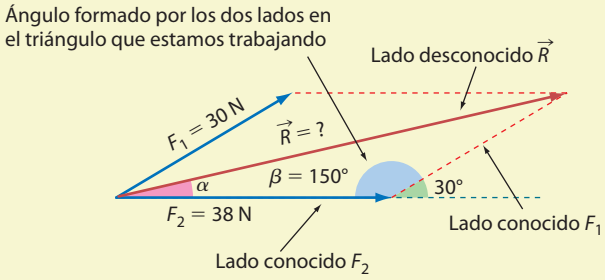
Resultados

$R = 65$ N

$\alpha = 13°$

Método analítico

Para calcular la magnitud de la resultante debemos encontrar uno de los tres lados de un triángulo oblicuo, cuyos lados conocidos son $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$. Aplicamos la ley de los cosenos, tomando en cuenta que en el triángulo oblicuo el ángulo β formado por los dos vectores es de 150°. Veamos:



Aplicamos la ley de los cosenos para encontrar la magnitud de la resultante:

$$\boldsymbol{R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos\beta}}$$

Sustituyendo

$$R = \sqrt{30^2 + 38^2 - 2 \times 30 \times 38 \times \cos 150°}$$

Como el ángulo formado por los dos lados conocidos es mayor que 90°, buscaremos el coseno de 150° de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\cos 150° = -\cos(180° - 150°) = -\cos 30°$$

leemos en la calculadora el valor del coseno del ángulo de 30° y le agregamos el signo de menos:

$$\cos 30° = 0.8660 \therefore -\cos 30° = -0.8660$$

Nota: Si se utiliza una calculadora científica, el coseno de 150° se obtiene de manera directa.

$$R = \sqrt{900 + 1444 - 2 \times 30 \times 38 \times (-0.8660)}$$
$$= \sqrt{2344 + 1974.48} = \sqrt{4318.48}$$
$$= 65.715\ \text{N}$$

Para calcular el ángulo α que forma la resultante con respecto a la horizontal, aplicamos la ley de los senos:

$$\frac{F_1}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{R}{\operatorname{sen}\beta} \therefore \operatorname{sen}\alpha = \frac{F_1 \operatorname{sen}\beta}{R}$$

Como $\beta = 150°$ tenemos que sen β = sen 150°.

Como el ángulo es mayor que 90° encontramos el valor del sen 150° de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\operatorname{sen} 150° = \operatorname{sen}(180° - 150°) = \operatorname{sen} 30° = 0.5$$

Recuerda: si utilizas una calculadora científica, el seno de 150° lo obtienes de manera directa.

Sustituyendo

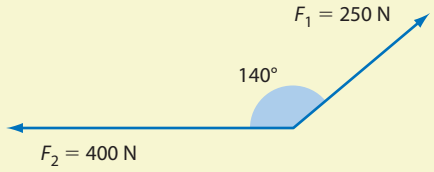
$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{30\ \text{N} \times 0.5}{65.715\ \text{N}} = 0.2282$$

α = ángulo cuyo seno es 0.2282, es decir:

$\alpha = \operatorname{sen}^{-1} 0.2282 \therefore$

$\alpha = 13.2° = 13°12'$

3. En la siguiente suma de vectores, encontrar por el método gráfico y analítico, la magnitud de la resultante y el ángulo que forma con el eje horizontal.



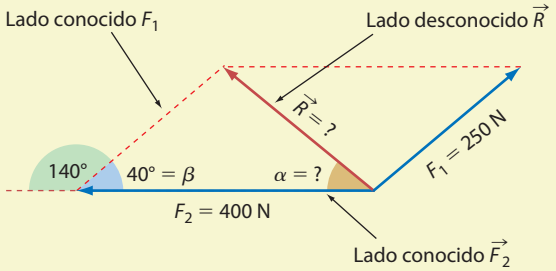
Solución

Método gráfico

$R = 260\ \text{N}$

$\alpha = 37°$

Escala: 1 cm = 100 N



Método analítico

Recordar: Para la ley de los cosenos debemos utilizar el ángulo formado por los dos lados conocidos en el triángulo oblicuo que estamos trabajando.

Cálculo de la magnitud de la resultante:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos 40°}$$

$$= \sqrt{250^2 + 400^2 - 2 \times 250 \times 400 \times 0.7660}$$

$$= \sqrt{62\,500 + 160\,000 - 153\,200}$$

$$= \sqrt{69\,300} = 263.25\ \text{N}$$

Cálculo del ángulo que forma la resultante:

$$\frac{F_1}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{R}{\operatorname{sen}\beta} \therefore \operatorname{sen}\alpha = \frac{F_1 \operatorname{sen}\beta}{R}$$

Sustituyendo

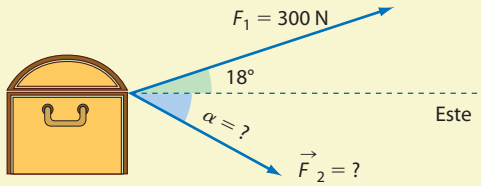
$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{250\ \text{N} \times 0.6428}{263.25\ \text{N}} = 0.6104$$

α = ángulo cuyo seno es 0.6104, es decir:

$\alpha = \operatorname{sen}^{-1} 0.6104 \therefore$

$\alpha = 37.6° = 37°36'$

4. Dos personas jalan, con una cuerda cada una, un baúl de madera, como se puede apreciar en la figura:

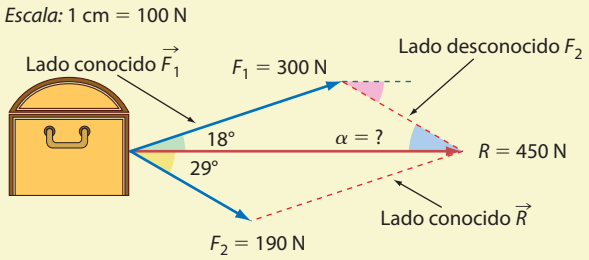


Una de las personas aplica una fuerza $\vec{F}_1$ cuya magnitud es de 300 N con un ángulo de 18° respecto al este. Determinar gráfica y analíticamente, la magnitud de la fuerza $\vec{F}_2$ que debe aplicar la otra persona, y el ángulo que debe formar respecto al este, para que el baúl se desplace hacia el este con una magnitud de fuerza resultante de 450 N.

Solución

Método gráfico

Se establece una escala conveniente: 1 cm = 100 N. Se traza la fuerza $\vec{F}_1$ de 300 N con un ángulo de 18° respecto al este. Después se traza la resultante $\vec{R}$ cuya magnitud es de 450 N dirigida al este. Unimos el extremo de $\vec{F}_1$ con el extremo de $\vec{R}$ y esta línea representará la paralela de la fuerza $\vec{F}_2$ buscada. Medimos su magnitud y el ángulo formado con respecto al este. Trazamos con estos datos la fuerza $\vec{F}_2$ y encontramos una magnitud de 190 N con un ángulo α de 29° respecto al este, como se muestra en la figura:



Método analítico

Como desconocemos F_2 y conocemos F_1 y R aplicamos la ley de los cosenos, si sabemos que el ángulo formado por los dos lados conocidos en nuestro triángulo es de 18°.

$$F_2 = \sqrt{F_1^2 + R^2 - 2F_1R\cos 18°}$$

Sustituyendo

$$F_2 = \sqrt{300^2 + 450^2 - 2 \times 300 \times 450 \times 0.9511}$$
$$= \sqrt{90\,000 + 202\,500 - 256\,797}$$
$$= \sqrt{35\,703} = 188.95\ \text{N}$$

Cálculo del ángulo α que forma F_2, aplicando la ley de los senos:

$$\frac{F_1}{\text{sen}\ \alpha} = \frac{F_2}{\text{sen}\ 18°} \therefore\ \text{sen}\ \alpha = \frac{F_1\ \text{sen}\ 18°}{F_2}$$

Sustituyendo

$$\text{sen}\ \alpha = \frac{300\ \text{N} \times 0.3090}{188.95\ \text{N}} = 0.4906$$

α = ángulo cuyo seno es 0.4906, es decir:

$\alpha = \text{sen}^{-1}\ 0.4906 \therefore$

$\alpha = 29.4° = 29°24'$

Nota: Existe una pequeña diferencia entre el resultado obtenido de manera gráfica y el obtenido analíticamente; sin embargo, este último es más preciso.

Uso de TIC

- Para una actividad experimental acerca de equilibrio de fuerzas concurrentes, consulta la siguiente página de Internet: http://www.institutomardecortes.edu.mx/pubs/fisica1.pdf
- Para reforzar tu aprendizaje con respecto a componentes de un vector, suma de vectores y posición de un objeto en una, dos y tres dimensiones consulta la siguiente página de Internet: http://www.educaplus.org/movi/1_3componentes.htm/

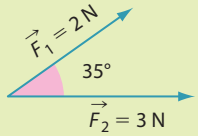
Ejercicios

1. Encuentra por los métodos gráfico y analítico la magnitud de la resultante, así como el ángulo que forma con el eje horizontal en cada una de las siguientes sumas de vectores.

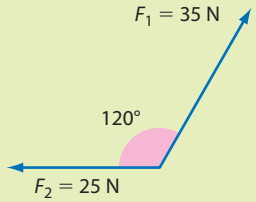
a)



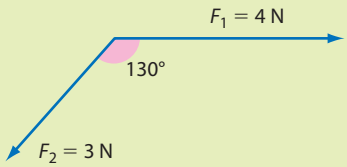
b)



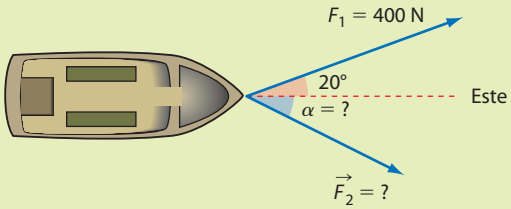
c)



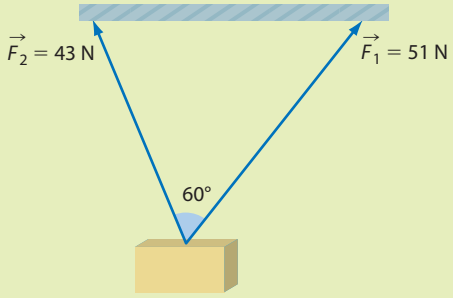
d)



2. Determina por los métodos gráfico y analítico la magnitud de la fuerza $\vec{F}_2$ y el ángulo correspondiente para que la lancha de la figura siguiente se mueva hacia el este con una fuerza resultante de 650 N.



3. Determina gráficamente el peso de un objeto que está suspendido y sostenido por dos cuerdas, como se muestra en la figura:



4. Encuentra en forma gráfica el peso de un objeto que está suspendido del techo por dos cuerdas, las cuales ejercen una fuerza de 320 N y 400 N, y forman un ángulo de 80° entre sí.
5. Dos caballos arrastran un tronco mediante sendas cuerdas que llevan atadas a uno de los extremos de dicho tronco. Uno de los caballos ejerce una fuerza de 500 N hacia el este y el otro una fuerza de 800 N en dirección noreste. Determina gráfica y analíticamente la magnitud de la fuerza resultante, así como el ángulo formado respecto al este.
6. Con dos cables enganchados en la proa, un barco es remolcado por dos lanchas de motor. Una lleva una velocidad de 18 m/s al sur y la otra una velocidad de 15 m/s con dirección suroeste formando un ángulo de 60° respecto al sur. Encuentra, por cualquiera de los métodos mencionados, la magnitud de la velocidad resultante del barco y el ángulo que forma respecto al sur.
7. Una lancha de motor lleva una velocidad cuya magnitud es de 16 m/s al cruzar perpendicularmente hacia el norte la corriente de un río cuya velocidad es de 4 m/s al este. Determina gráfica y analíticamente la magnitud de la velocidad resultante que lleva la lancha y el ángulo formado respecto a la corriente del río.

Suma de más de dos vectores angulares o concurrentes

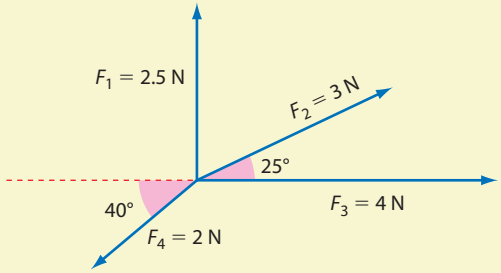
Método gráfico del polígono

Para sumar más de dos vectores concurrentes en forma gráfica, se utiliza el llamado **método del polígono**. Dicho método consiste en trasladar paralelamente a sí mismo cada uno de los vectores sumados, de tal manera que al tomar uno de los vectores como base los otros se colocarán uno a continuación del otro, poniendo el origen de un vector en el extremo del otro, y así sucesivamente, hasta colocar el último vector. La resultante será el vector que una el origen de los vectores con el extremo libre del último vector sumado, y su sentido estará dirigido hacia el extremo del último vector. Revisaremos a continuación un ejemplo.

Ejemplo

Suma de más de dos vectores angulares o concurrentes

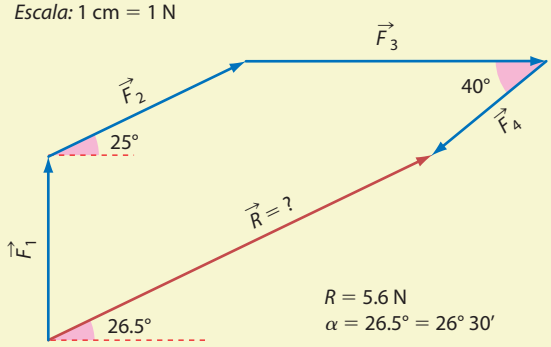
Encuentra en forma gráfica y analítica la magnitud de la resultante de la suma de los siguientes vectores. También determina el ángulo que forma la resultante con respecto al eje horizontal.



Solución

Método gráfico del polígono

Para hallar la magnitud de la resultante podemos tomar como base cualquiera de los cuatro vectores. Si tomamos a $\vec{F}_1$, entonces trasladamos el origen de $\vec{F}_2$ al extremo de $\vec{F}_1$; el origen de $\vec{F}_3$ al extremo de $\vec{F}_2$; y el origen de $\vec{F}_4$ al extremo de $\vec{F}_3$. **La resultante será el vector que una el origen de $\vec{F}_1$ con el extremo de $\vec{F}_4$:**



Método analítico

Para encontrar la magnitud de la resultante por el método analítico se procede de la siguiente manera:

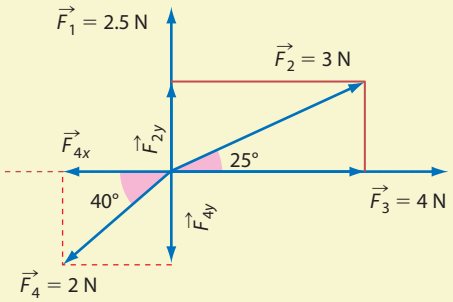
Paso 1. Se descompone cada vector en sus componentes rectangulares.

Paso 2. Se calcula la magnitud de la componente en *x*, usando la función coseno y la magnitud de la componente en *y*, con la función seno para cada vector. (Si la componente es horizontal a la derecha o vertical hacia arriba, es positiva. Si la componente es horizontal a la izquierda o vertical hacia abajo es negativa.)

Paso 3. Al conocer las magnitudes de todas las componentes en *x* y en *y* para cada vector, se realiza la suma de las componentes en *x* y en *y*, de tal forma que el sistema original de vectores se reduzca a dos vectores perpendiculares: uno, representando la magnitud de la resultante de todas las componentes en *x* y otro representando la magnitud de la resultante de todas las componentes en *y*.

Paso 4. Se obtiene la magnitud de la resultante de los dos vectores perpendiculares utilizando el teorema de Pitágoras.

Paso 5. Por medio de la función tangente se calcula el ángulo que forma la resultante con la horizontal. Veamos:



Al trazar las componentes rectangulares para cada vector tenemos que:

$\vec{F}_1$ no tiene componente horizontal, porque está por completo sobre el eje vertical positivo.

$\vec{F}_2$ tiene componente horizontal y componente vertical, ambas son positivas.

$\vec{F}_3$ no tiene componente vertical, pues está por completo sobre el eje horizontal positivo.

$\vec{F}_4$ tiene componente horizontal y componente vertical, ambas son negativas.

Cálculo de las magnitudes de los componentes de cada vector:

$$\vec{F}_1: F_{1x} = 0$$
$$F_{1y} = F_1 = 2.5\text{ N}$$
$$\vec{F}_2: F_{2x} = F_2 \cos 25° = 3\text{ N} \times 0.9063$$
$$= 2.7189\text{ N}$$
$$F_{2y} = F_2 \operatorname{sen} 25° = 3\text{ N} \times 0.4226$$
$$= 1.2678\text{ N}$$
$$\vec{F}_3: F_{3x} = F_3 = 4\text{ N}$$
$$F_{3y} = 0$$
$$\vec{F}_4: -F_{4x} = -F_4 \cos 40° = -2\text{ N} \times 0.7660$$
$$= -1.532\text{ N}$$
$$-F_{4y} = -F_4 \operatorname{sen} 40° = -2\text{ N} \times 0.6428$$
$$= -1.2856\text{ N}$$

Cálculo de la magnitud de la resultante de la suma de todas las componentes en el eje x, es decir, R_x:

$$R_x = \Sigma F_x = F_{2x} + F_{3x} + (-F_{4x})$$

En función de sus magnitudes y tomando en cuenta sus sentidos, tenemos que:

$$R_x = 2.7189\text{ N} + 4\text{ N} - 1.532\text{ N}$$
$$= 5.1869\text{ N}$$

Nota: La letra griega Σ llamada sigma indica suma.

Como se observa, R_x es positiva; esto quiere decir que es horizontal hacia la derecha.

Cálculo de la magnitud de la resultante de la suma de todas las componentes en el eje y, es decir, R_y:

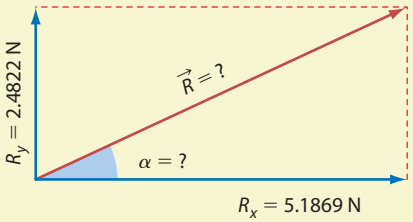
$$R_y = \Sigma F_y = F_{1y} + F_{2y} + (-F_{4y})$$

En función de sus magnitudes y tomando en cuenta sus sentidos, tenemos:

$$R_y = 2.5\text{ N} + 1.2678\text{ N} - 1.2856\text{ N}$$
$$= 2.4822\text{ N}$$

Como se observa, R_y es positiva; esto quiere decir que es vertical hacia arriba.

Al encontrar R_x y R_y todo nuestro sistema inicial se redujo a dos vectores rectangulares:



La magnitud de la resultante se calcula con el teorema de Pitágoras:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$
$$R = \sqrt{(5.1869)^2 + (2.4822)^2} = 5.75\text{ N}$$

Cálculo del ángulo α formado por la resultante:

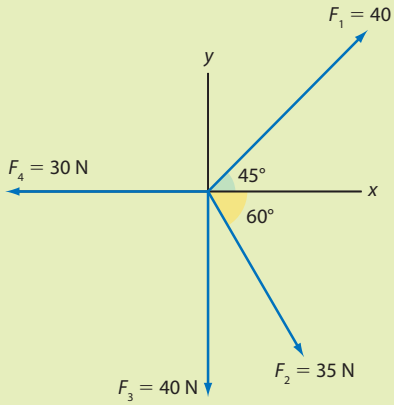
$$\tan \alpha = \frac{R_y}{R_x} = \frac{2.4822}{5.1869} = 0.4785$$
$$\alpha = \text{ángulo cuya tangente es } 0.4785\text{, es decir:}$$
$$\alpha = \tan^{-1} 0.4785 \therefore$$
$$\alpha = 25.6° = 25°36'$$

Al comparar los resultados obtenidos por el método gráfico y el analítico, se observa una pequeña diferencia, la cual, como ya señalamos anteriormente, se debe a que por el método gráfico estamos expuestos a cometer varios errores al medir los vectores y los ángulos. Por tanto, la ventaja de utilizar el método analítico es que nos dará un resultado más confiable.

PDF Si deseas profundizar en estos temas, visita nuestra página web www.sali.org.mx donde encontrarás los archivos: "Vectores.pdf", "Ejercicios de Vectores 1.pdf", "Ejercicios de Vectores 2.pdf".

Ejercicios

1. Encuentra la magnitud de la resultante de las siguientes cuatro fuerzas concurrentes, así como el ángulo que forma respecto al eje x positivo, utilizando el método gráfico del polígono:

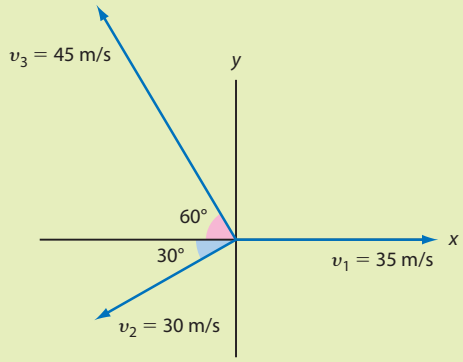


2. Determina, por el método gráfico del polígono, la magnitud de la resultante de las siguientes fuerzas concurrentes, así como el ángulo formado respecto al eje *x* positivo. Los ángulos de las fuerzas están medidos con respecto al eje *x* positivo.

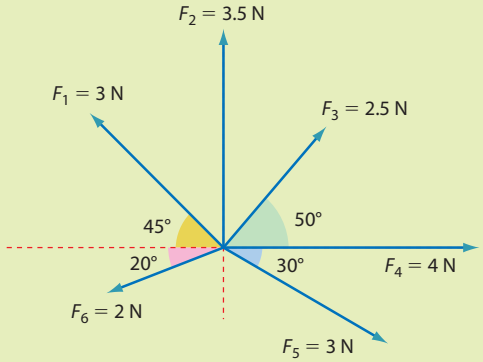
$$\vec{F}_1 = 200\text{ N a }30°;\ \vec{F}_2 = 300\text{ N a }90°$$

$$\vec{F}_3 = 150\text{ N a }120°;\ \vec{F}_4 = 250\text{ N a }220°$$

3. Halla, por el método gráfico del polígono y por el método analítico de las componentes rectangulares, la magnitud de la resultante de las siguientes velocidades y el ángulo que ésta forma respecto al eje *x* positivo:



4. Encuentra gráfica y analíticamente la magnitud de la resultante de la suma de los siguientes vectores. También determina el ángulo formado con respecto al eje *x* positivo.



Aplica lo que sabes

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), formen un equipo de cuatro integrantes. Después, pónganse de acuerdo para que se reúnan en la casa de alguno de ustedes. Tomen como base los ejemplos resueltos de vectores colineales y vectores concurrentes vistos antes en este libro, y posteriormente propongan ejemplos prácticos en los cuales representen con vectores hechos a escala cada uno de los siguientes sistemas de vectores:

a) Un mínimo de tres vectores colineales actuando sobre un objeto, y el vector resultante de los mismos.

b) Dos vectores concurrentes o angulares actuando sobre un objeto, y la aplicación del método del paralelogramo para encontrar su resultante.

c) Un mínimo de tres vectores angulares o concurrentes actuando sobre un objeto, y la aplicación del método del polígono para encontrar su resultante.

Para obtener la representación de cada 1 de los 3 sistemas de vectores con su respectivo método para encontrar su resultante, deben elaborar los vectores que sean necesarios, en algún material que les parezca conveniente; puede ser cartulina gruesa, papel ilustración, madera delgada, plástico, unicel, papel cascarón, etc. La longitud de cada uno de los vectores dependerá de su magnitud, intensidad o módulo, y de la escala que establezcan de acuerdo con las características propias de cada 1 de los 3 sistemas que van a representar.

Una vez que con su creatividad e ingenio hayan elaborado los sistemas de vectores solicitados, hagan un pequeño guión en cartulinas con respecto a las características de cada uno de los sistemas que seleccionaron para que los muestren ante sus compañeros. Tomen en cuenta de qué manera los fijarán en el pizarrón o en la pared, para que lleven el material necesario para dicho fin. Pongan primero los vectores representados, y después vayan mostrando cómo encontrar su resultante.

Con la orientación y supervisión de su profesor(a), intercambien ideas entre su equipo y los demás compañeros del grupo. Compartan sus ideas y enriquezcan sus conocimientos.

Actividad experimental 2

Sistema de fuerzas colineales y de fuerzas concurrentes o angulares

Objetivo

Determinar experimentalmente la resultante de un sistema de fuerzas colineales y la resultante de un sistema de fuerzas angulares o concurrentes.

Consideraciones teóricas

Para definir las magnitudes escalares sólo se requiere la cantidad expresada en números y el nombre de la unidad de medida. Ejemplos: longitud, masa y volumen. Las magnitudes vectoriales son aquellas en las que para ser definidas, además de la cantidad expresada en números y el nombre de la unidad, necesitan que se señale la dirección y el sentido. Ejemplos: desplazamiento, velocidad, aceleración y fuerza. Cualquier magnitud vectorial puede ser representada en forma gráfica por medio de una flecha llamada vector. Gráficamente, un vector es un segmento de recta dirigido. Un vector cualquiera tiene las siguientes características: 1. Punto de aplicación; 2. Magnitud; 3. Dirección; 4. Sentido. Para representar un vector de manera gráfica se necesita una escala, la cual es convencional, porque se establece de acuerdo con la magnitud del vector y el tamaño deseado de éste. Una recomendación práctica es utilizar escalas sencillas, como 1:1, 1:10, 1:100 y 1:1 000, cuando sea posible.

Un sistema de vectores es colineal cuando dos o más vectores se encuentran en la misma dirección o línea de acción. Un sistema de vectores es concurrente cuando la dirección o línea de acción de los vectores se cruza en algún punto, dicho punto constituye el punto de aplicación de los vectores. La resultante de un sistema de vectores es aquel vector que produce el mismo efecto de los demás vectores integrantes del sistema. El vector capaz de equilibrar un sistema de vectores recibe el nombre de equilibrante, tiene la misma magnitud y dirección que la resultante, pero con sentido contrario. Para sumar magnitudes vectoriales empleamos métodos gráficos, como el del paralelogramo o el del polígono, y métodos analíticos, porque los vectores no pueden sumarse aritméticamente por tener dirección y sentido.

El efecto que una fuerza produce sobre un objeto depende de su magnitud, así como de su dirección y sentido, por tanto, **la fuerza es una magnitud vectorial.** Para medir la intensidad o magnitud de una fuerza se utiliza un instrumento llamado dinamómetro, su funcionamiento se basa en la ley de Hooke, la cual expresa que: dentro de los límites de elasticidad, las deformaciones sufridas por un objeto son directamente proporcionales a la fuerza recibida. El dinamómetro consta de un resorte con un índice y una escala graduada; la deformación producida en el resorte al colgarle un peso conocido, se transforma mediante la lectura del índice en la escala graduada en un valor concreto de la fuerza aplicada. La unidad de fuerza usada en el Sistema Internacional es el newton (N), aunque en ingeniería todavía se utiliza mucho el llamado kilogramo fuerza (kg_f), 1 kg_f = 9.8 N. También se utiliza el gramo−fuerza (g_f), 1 kg_f = 1 000 g_f.

Material empleado

Tres dinamómetros, tres prensas de tornillo, una regla graduada, un transportador, una argolla metálica, tres trozos de cordón, un lápiz y tres hojas de papel.

Desarrollo de la actividad experimental

1. A la mitad de un lápiz ata dos cordones, de tal manera que uno quede a la izquierda y otro a la derecha. Pídele a un compañero que sujete uno de los extremos y tira del otro, evitando mover el lápiz. ¿Qué se puede concluir de la magnitud de las dos fuerzas que actúan sobre el lápiz? Para cuantificar la magnitud de las fuerzas engancha un dinamómetro en cada extremo de los cordones y vuelvan a tirar de ambos dinamómetros sin mover el lápiz. Registren las lecturas que marcan los dinamómetros. ¿Cómo son esas lecturas?
2. Sujeten tres cordones a una argolla metálica como se puede apreciar en la figura 1.55.

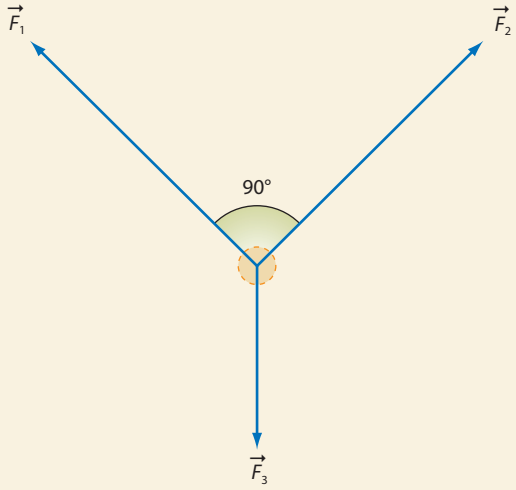


Figura 1.55

Sistema de fuerzas concurrentes

Con ayuda de otros dos compañeros cada uno tire de un extremo de los cordones, de tal manera que la argolla no se mueva. ¿Cuál es su conclusión acerca de las fuerzas que actúan sobre la argolla? Enganchen un dinamómetro a cada extremo de los cordones y monten un dispositivo como el mostrado en la figura 1.56. Registren la lectura de cada dinamómetro cuando el sistema quede en equilibrio.

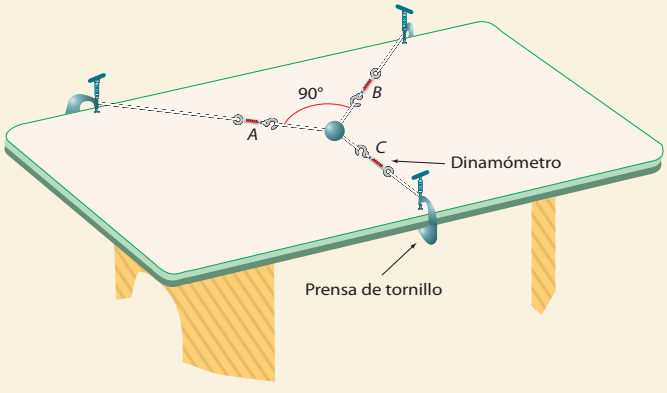


Figura 1.56
Lectura de la magnitud de las fuerzas concurrentes mediante el uso de los dinamómetros.

3. Coloquen debajo de la argolla una hoja de papel y tracen sobre ella las líneas correspondientes a las posiciones de los cordones. Anoten en cada trazo el valor de la lectura de los dinamómetros, así como el ángulo que forman entre sí, medido con su transportador. Con los trazos hechos en la hoja y mediante una escala conveniente, representen el diagrama vectorial. Consideren la fuerza $\vec{F}_3$, cuya magnitud se mide con el dinamómetro *C*, como la equilibrante de las otras dos fuerzas: $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$. Comparen la magnitud de $\vec{F}_3$, leído en el dinamómetro, con el obtenido gráficamente al sumar $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ por el método del paralelogramo. ¿Cómo son ambas magnitudes?

Cualquiera de las fuerzas puede ser la equilibrante de las otras dos, por ello $\vec{F}_2$ es la equilibrante de $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_3$ y $\vec{F}_1$ la equilibrante de $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$. Reproduzcan un sistema similar al de la figura 1.56 pero con ángulos diferentes; tracen un diagrama vectorial representativo de esta nueva situación, sumen dos vectores cualesquiera por el método del paralelogramo, y comparen la magnitud de la resultante obtenida con la tercera fuerza. ¿Cómo son estas magnitudes?

Cuestionario

1. ¿Qué nombre recibe el sistema de fuerzas que construiste en el punto 1 de tu actividad experimental?

2. ¿Cómo lograron que el lápiz no se moviera?

3. ¿Cuál es la magnitud de la resultante de las fuerzas aplicadas sobre el lápiz?

4. En el punto 2 de tu actividad experimental, ¿cómo determinaron la resultante de dos de las fuerzas concurrentes en forma gráfica?

5. ¿Pudieron comprobar que cualquiera de las fuerzas puede ser la equilibrante de las otras dos fuerzas? ¿Sí o no y por qué?

Retroalimentación de la actividad experimental 2

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto.

En la actividad experimental 2, Sistema de fuerzas colineales y de fuerzas concurrentes o angulares, en el punto 1, elaboraron un sistema de fuerzas colineales actuando sobre el lápiz. Lograron que no se moviera, al aplicar cada uno de los dos compañeros la misma magnitud de la fuerza, en la misma dirección pero con diferente sentido, motivo por el cual la resultante de las fuerzas aplicadas al lápiz vale cero.

En el punto 2, encontraron la magnitud de la resultante de la suma de las fuerzas $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ por el método del paralelogramo, y su magnitud debió ser aproximadamente igual a la magnitud leída en el dinamómetro que registra la magnitud de $\vec{F}_3$. De tal manera que pudieron comprobar que $\vec{F}_3$ es la equilibrante de $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$, tal como $\vec{F}_2$ puede ser la equilibrante de $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_3$, o bien, $\vec{F}_1$ puede ser la equilibrante de $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$, ya que cualquiera de las fuerzas puede ser la equilibrante de las otras dos fuerzas.

Reactivos del bloque 1

Reconoces el lenguaje técnico básico de la física

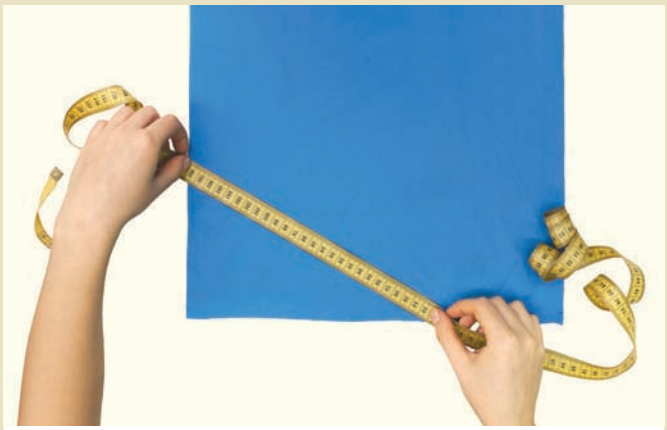
A. Instrucciones: Efectúa la siguiente lectura.

Sistema Métrico Decimal

El primer sistema de unidades bien definido que hubo en el mundo fue el **Sistema Métrico Decimal**, implantado en 1795 como resultado de la Convención Mundial de Ciencia celebrada en París, Francia. Este sistema tiene una **división decimal** y sus unidades fundamentales son **el metro, el kilogramo-peso** y **el litro.** Además, para definirlas utiliza datos de carácter general como las dimensiones de la Tierra y la densidad del agua.

A fin de encontrar una unidad patrón para medir longitudes, se dividió un meridiano terrestre en 40 millones de partes iguales y se le llamó **metro** a la longitud de cada parte.

Una ventaja del Sistema Métrico fue su división decimal, pues mediante el uso de los prefijos deci, centi o mili, que son algunos de los submúltiplos de la unidad, podemos referirnos por ejemplo, al decímetro como la décima parte del metro (0.1 m), al centímetro como la centésima parte del metro (0.01 m) y al milímetro como la milésima parte del metro (0.001 m). Otros submúltiplos son el micro, el nano y el pico, que representan respectivamente, la millonésima, la milmillonésima y la billonésima parte de la unidad. También con los prefijos deca, hecto y kilo, que son algunos de los múltiplos de la unidad, podemos mencionar al decasegundo, hectosegundo y kilosegundo, como equivalentes a 10, 100 y 1000 segundos, respectivamente. Otros múltiplos son el mega, giga y tera, que representan, respectivamente, un millón, mil millones y un billón de unidades.











Después de realizar la lectura anterior, responde las siguientes preguntas; para ello, escribe en el paréntesis de la izquierda la letra de la respuesta correcta, para cada una de las siguientes preguntas:

1. ( ) En promedio un cabello humano mide 56 micrómetros; dicha cantidad corresponde a:

a) 0.00056 m
b) 0.56 m
c) 0.000056 m
d) 0. 00000056 m



2. ( ) Una bacteria tiene una longitud de 0.000005 m; dicha cantidad en micrómetros es igual a:

a) 5
b) 0.5
c) 50
d) 500



3. ( ) Una partícula ha estado suspendida en el espacio durante 2 milisegundos; dicha cantidad en segundos es igual a:

a) 2 000
b) 0.002
c) 0.0002
d) 0.0002000



4. ( ) Un objeto celeste tiene una masa de 5 megatoneladas; esta cantidad en toneladas corresponde a:

a) 5 000
b) 5 000 000
c) 5 000 000 000 000
d) 5 000 000 000



5. ( ) La masa de 5 megatoneladas expresada en kilogramos corresponde a:

a) 5 000
b) 5 000 000
c) 5 000 000 000 000
d) 5 000 000 000



6. ( ) La fuerza aplicada sobre un objeto es de 3 kilonewtons; esta cantidad expresada en newtons equivale a:

a) 3 000
b) 300
c) 3 000 000
d) 0.003



7. ( ) ¿Qué cantidad es mayor?

a) 5 000 micrómetros
b) 400 000 nanocentímetros
c) 3 picómetros
d) 0.2 milímetros

8. ( ) Una partícula tiene una masa de 8 billonésimas de libra; esta cantidad en libras se escribe como:

a) 8 000 000 000 000
b) 8 000 000 000
c) 0.000 000 000 008
d) 0. 000 000 008

9. ( ) Se tienen cuatro recipientes, el que tiene un mayor volumen es el de:

a) 2 decímetros cúbicos
b) 0. 01 litros
c) 1 000 mililitros
d) 400 centímetros cúbicos



10. ( ) Se tienen cuatro trozos de hierro, el de mayor masa es el que tiene:

a) 3 999.930 gramos.
b) 1.999 999 kilogramos.
c) 0.09 toneladas.
d) 86 kilogramos.



11. ( ) El planeta Tierra lo habitamos aproximadamente 6 000 millones de personas; dicha cantidad se expresa en potencias de base 10 como:

a) 6×10^{9}
b) 6×10^{3}
c) 6×10^{6}
d) 6×10^{12}

12. ( ) Se tiene una carga eléctrica de 3 nanocoulombs. Dicha cantidad se escribe en coulombs utilizando potencias de base 10 como:

a) 3×10^{6}
b) 3×10^{9}
c) 3×10^{-9}
d) 3×10^{-6}

B. Instrucciones: Lee el siguiente texto:

La familia Rodríguez radicaba en la ciudad de Guadalajara, y por razones laborales se fueron a vivir a la ciudad de Miami en Estados Unidos de Norteamérica. Como ya era de su conocimiento, deberán acostumbrarse a utilizar el Sistema Inglés de Unidades, en lugar del Sistema Internacional que utilizamos de manera general en el territorio mexicano. Algunas de las situaciones que se les presentan son las siguientes:

1. ( ) La altura del señor Rodríguez es de 1.70 metros, la registra en pies como:

a) 5.576
b) 17
c) 3.14
d) 0.518



2. ( ) Su peso es de 75 kilogramos fuerza y los registra en libras fuerza como:

a) 150
b) 35
c) 165
d) 225

3. ( ) El terreno de su casa lo buscó considerando una superficie de 250 m^2, por tanto compró un terreno que mide en pies cuadrados:

a) 62 500
b) 2 690
c) 2 500
d) 1 250

4. ( ) El señor Rodríguez necesita construir una cisterna con una capacidad de 5 m^3, por lo que debe contener en litros la siguiente cantidad:

a) 500
b) 10 000
c) 5 000
d) 50 000



5. ( ) Sin embargo, debe pedir que la construyan en pies cúbicos, por lo que la cantidad que indicará en pies cúbicos será:

a) 5 500
b) 5 000 000
c) 555.2
d) 176.45

6. ( ) El velocímetro del coche que maneja señala km/h. El límite de velocidad en la autopista es de 68 millas/h, por tanto, no manejará con una rapidez cuya magnitud sea superior en km/h a:

a) 90
b) 109
c) 100
d) 120



7. ( ) El tanque de gasolina de su automovil lo llena en la República Mexicana con 60 litros. Sabe que un galón tiene 3.785 litros, por lo que requerirá la siguiente cantidad en galones para llenar el tanque en EU:

a) 20
b) 30
c) 38.25
d) 15.85



C. Instrucciones: Realiza lo que se pide:

1. Una pelota cae libremente desde una ventana y en un determinado tiempo realiza un desplazamiento de 4 m; representa en el siguiente espacio, por medio de un vector, dicho desplazamiento. Escribe la escala que estás utilizando.

2. En un determinado momento de su caída libre, la pelota lleva una velocidad de 39.2 m/s. Representa dicha velocidad en el siguiente espacio, por medio de un vector. Escribe la escala que estás usando.

3. Durante su caída experimenta una aceleración de 9.8 m/s^2 debida a la atracción gravitacional de la Tierra. Representa en el siguiente espacio, por medio de un vector, dicha aceleración.

Rúbrica para evaluar la discusión grupal (Heteroevaluación)

Esta rúbrica es para valorar la participación de los estudiantes sobre los aspectos positivos y negativos de los integrantes del grupo bajo aspectos que se considera son los más adecuados: 4 Excelente, 3 Bueno, 2 Satisfactorio y 1 Deficiente. En cada aspecto aparecen los niveles de desempeño, según el tipo de evidencia generada.

Nombre del estudiante:

Aspecto a evaluar / Niveles	Excelente (4)	Bueno (3)	Satisfactorio (2)	Deficiente (1)
Comprensión del tema	Demostró total comprensión del contenido.	Demostró buen entendimiento.	Muestra parcialmente comprensión a lo que se desarrolla en la clase.	No comprende los aspectos centrales del objeto de aprendizaje.
Relevancia en sus intervenciones	Sus aportaciones enriquecen las ideas de sus compañeras/os.	Aporta ideas que aclaran algunas dudas de sus compañeras/os.	Sus intervenciones no son claras, ni ayudan a esclarecer el tema.	No participa durante la actividad.
Número de participaciones	Siempre participa con una actitud propositiva y entusiasta.	Casi siempre colabora en la actividad.	Ocasionalmente ayuda, muestra poco interés.	Casi nunca interviene, es indiferente durante las tareas encomendadas.
Conducta	Siempre se muestra tolerante ante la crítica de los demás y respeta las opiniones de sus compañeras/os.	Casi siempre tolera críticas y trata de respetar la diversidad de opinión que se genera en el salón de clase.	Casi no acepta las críticas que se le realizan, no respeta del todo las ideas de los demás.	Es intransigente en críticas y comentarios.
Su escritura	Es comprensible, no requiere de aclaraciones.	No es tan comprensible, se requiere puntualizar en algunos aspectos.	Es confusa, se requiere de explicación.	No es comprensible, tiene que realizarlo nuevamente.
Conclusiones	Son claras y congruentes a la actividad.	Se entiende fácilmente, en su mayoría son relacionadas con la temática.	Son poco claras, no están relacionadas con el tema.	No son claras, ni acorde con lo planteado.

Observaciones:

Instrumentos de evaluación

Apellido paterno:_____ Apellido materno:_____ Nombre:_____ Grupo:_____

Asegúrate de haber adquirido los aprendizajes, habilidades, actitudes y valores que se abordan en el bloque 1. Para ello, realiza lo que se te pide a continuación.

Instrucciones: resuelve lo que se te pregunta

1. Llena el siguiente cuadro escribiendo en él cinco de las magnitudes físicas que más utilizas en tu vida cotidiana, qué unidad de medida utilizas para cada una de ellas, a qué sistema de unidades pertenece, e indica a qué tipo de magnitud corresponde ya sea fundamental o derivada.

Magnitud física	Unidad de medida	Sistema de unidades	Tipo de magnitud

2. Un mexicano radica en Estados Unidos de América y desea adquirir en ese país un terreno de 250 m^2, ¿de cuántos pies cuadrados debe solicitar el terreno?

3. Un automóvil viaja con una rapidez de 90 milla/h, ¿a cuántos km/h corresponden?

4. Una alberca tiene una capacidad de 90 m^3 de agua, ¿cuántos litros son?

Instrucciones: escribe en el paréntesis de la izquierda la letra de la respuesta correcta, para cada una de las siguientes preguntas.

1. ( ) Martha comenta que la física se caracteriza porque estudia:

a) fenómenos sociales o humanos
b) cambios de la constitución de la materia
c) hechos con causa y efecto
d) fenómenos sociales y naturales

2. ( ) Mario pregunta cómo se le llama a una idea o conjetura que sirve para explicar por qué o cómo se produce determinado hecho o fenómeno. Dile cómo:

a) teoría
b) ley
c) hipótesis
d) principio

3. ( ) Adriana usa como ejemplos de magnitudes fundamentales las siguientes:

a) longitud y área
b) área y volumen
c) fuerza y desplazamiento
d) masa y tiempo

4. ( ) Cuando Marcos habla de vectores que actúan en la misma dirección o línea de acción, se refiere a vectores:

a) colineales
b) coplanares
c) no coplanares
d) angulares

5. ( ) Susana pone como ejemplos de magnitudes vectoriales las siguientes:

a) masa y peso
b) longitud y temperatura
c) fuerza y masa
d) desplazamiento y fuerza

Instrucciones: anota una **V** en el paréntesis de la izquierda si el enunciado es verdadero o una **F** si es falso.

1. ( ) La física es la ciencia que se encarga de estudiar los fenómenos naturales, en los cuales no hay cambios en la descomposición de la materia.

2. ( ) La física clásica estudia los fenómenos producidos a la velocidad de la luz.

3. ( ) Ya existe un método científico único capaz de proporcionar una fórmula o procedimiento que conduce sin fallo a los descubrimientos.

4. ( ) La precisión de un aparato o instrumento de medición es igual a la mitad de la unidad más pequeña que pueda medir.

5. ( ) La resultante de un sistema de vectores es el vector que produce él solo, el mismo efecto que los demás vectores del sistema.

6. ( ) Un sistema de vectores es concurrente cuando actúan los vectores en la misma dirección o línea.

7. ( ) La magnitud, intensidad o módulo de un vector indica su magnitud y se representa por la longitud del vector de acuerdo con una escala convencional.

8. ( ) Se pueden sumar dos o más vectores aunque no tengan las mismas unidades de medida.

9. ( ) El efecto externo de un vector deslizante no se modifica si es trasladado en su misma dirección, o sea, en su propia línea de acción.

10. ( ) Las magnitudes vectoriales son aquellas que para quedar perfectamente definidas necesitan además de la cantidad expresada en números y la unidad de medida, que se indique su dirección y su sentido.

Instrucciones: relaciona ambas columnas, escribiendo dentro del paréntesis de la izquierda la letra de la columna de la derecha que corresponda a la respuesta correcta.

1. ( ) El vocablo griego ***physiké*** significa:

2. ( ) Es un conjunto de conocimientos razonados y sistematizados opuestos al conocimiento vulgar:

3. ( ) Es todo aquello que puede ser medido:

4. ( ) Magnitudes que no se definen en función de otras magnitudes físicas:

5. ( ) Para medir el área de una cancha de futbol se utiliza un método llamado:

6. ( ) Errores que se presentan de manera constante a través de un conjunto de lecturas realizadas:

7. ( ) Magnitudes que quedan perfectamente definidas con sólo indicar su cantidad expresada en números y la unidad de medida:

8. ( ) Vectores que no se modifican si se trasladan paralelamente a sí mismos:

9. ( ) Cuando se suman dos vectores la ley conmutativa señala que :

10. ( ) Dos vectores son iguales cuando tienen la misma dirección, magnitud y:

a) fundamentales
b) escalares
c) directo
d) libres
e) colineales
f) $\vec{a}+\vec{b}=\vec{b}+\vec{a}$
g) fenómeno
h) sentido
i) circunstanciales
j) naturaleza
k) vectoriales
l) física
m) magnitud
n) sistemáticas
o) indirecto

Instrucciones: resuelve los siguientes problemas.

1. Expresa las siguientes cantidades con una sola cifra entera, utilizando la potencia con base 10:

a) 0.00005 _____

b) 0.0000001 _____

c) 5 000 000 000 _____

d) 495 000 _____

e) 101 000 000 _____

2. Efectúa las siguientes operaciones utilizando potencias con base 10:

a) $10^3 \times 10^5 =$ _____

b) $10^4 + 10^{-2} =$ _____

c) $6 \times 10^3 \times 2 \times 10^4 =$ _____

d) $3 \times 10^{-5} \times 4 \times 10^{-6} =$ _____

e) $\dfrac{15\times10^{-4}}{2\times10^{-2}} =$ _____

f) $2 \times 10^4 + 3 \times 10^{-6} =$ _____

g) $\sqrt{8.1\times10^5} =$ _____

3. Realiza las siguientes transformaciones:

a) 6 m a cm _____

b) 20 m a pie _____

c) 10 pulg a cm _____

d) 2 litros a cm^3 _____

e) 3 m^2 a cm^2 _____

f) $300\dfrac{m}{s}$ a $\dfrac{km}{h}$ _____

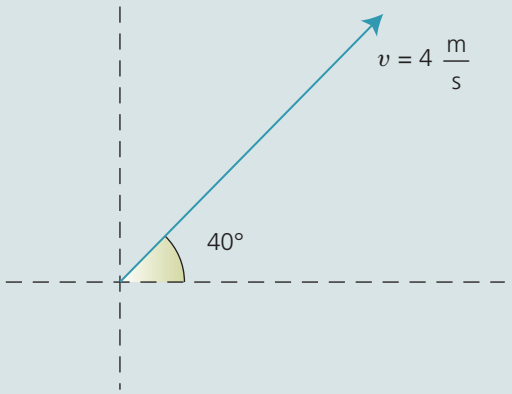
g) $300\dfrac{m^3}{s}$ a $\dfrac{pie^3}{h}$ _____

h) $3\times10^5\dfrac{km}{s}$ a $\dfrac{m}{s}$ _____

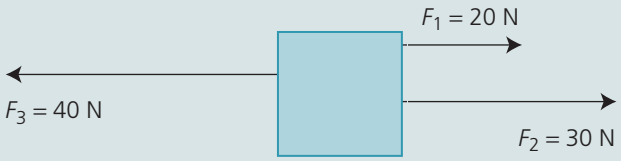
i) $4\dfrac{kg}{min}$ a $\dfrac{lb}{s}$ _____

4. Un corredor realiza tres desplazamientos, el primero de 3 km al sur, el segundo de 1 km al este, y el último de 2 km al norte. Calcula: a) ¿Cuál es la distancia total recorrida por el deportista? b) Encuentra gráficamente cuál es la magnitud del desplazamiento resultante, así como la dirección en que actúa y el valor del ángulo medido respecto al este.

5. Encuentra en forma gráfica y analítica las componentes rectangulares o perpendiculares del siguiente vector:

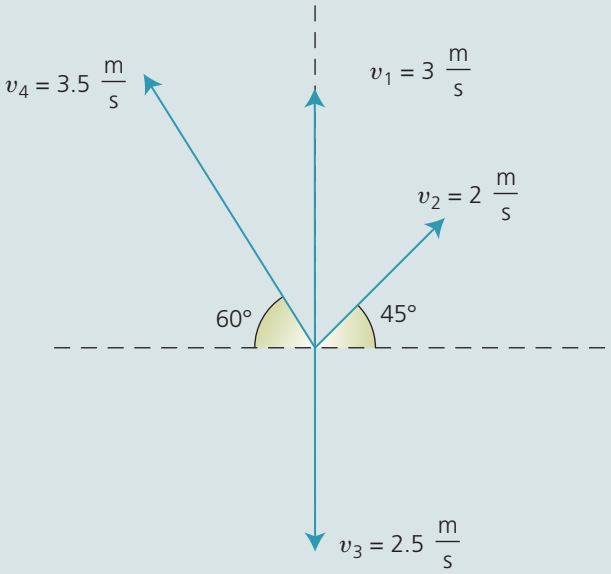


6. Encuentra la resultante del siguiente sistema de vectores colineales:



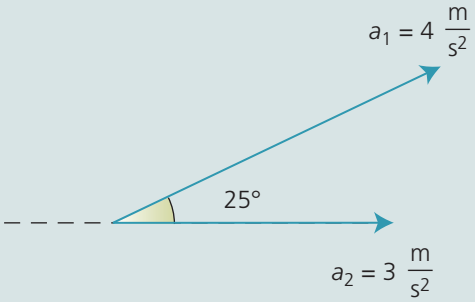
$R =$ _____

7. Encuentra por los métodos gráfico y analítico la magnitud de la resultante, así como el ángulo que forma con el eje horizontal en el siguiente sistema de vectores:



$R =$ _____

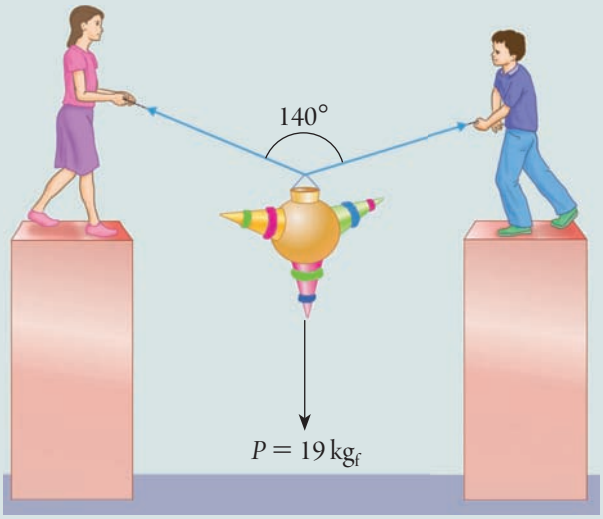
8. Encuentra por los métodos gráfico y analítico la magnitud de la resultante, así como el ángulo que forma con el eje horizontal en la siguiente suma de vectores angulares o concurrentes.



$R =$ _____

9. Dos muchachos sostienen una piñata cuyo peso es de 19 kg_f, formando un ángulo de140° con ambas cuerdas como se puede apreciar en la figura de la siguiente página. Deter-

mina por el método gráfico del paralelogramo, cuál es la fuerza aplicada por cada muchacho.



Solución

Instrucciones: responde de manera clara y breve las siguientes preguntas.

1. ¿Cuáles serían para ti cinco de las principales aportaciones que el estudio de la física ha hecho a la ciencia y a la tecnología y que han repercutido de manera directa en tu vida cotidiana?

2. ¿Por qué no existe un método científico experimental único que sirva para estudiar los fenómenos físicos?

3. ¿Por qué la velocidad es una magnitud derivada y no es una magnitud fundamental?

4. ¿Qué limitaciones presenta el Sistema Internacional cuando necesitamos referirnos de manera práctica a ciertas magnitudes físicas como son el tiempo o el volumen?

5. ¿Cuál método propondrías para medir con suficiente precisión la distancia que hay de la Tierra a la Luna, considerando que cuentas con todas las herramientas, equipos e instrumentos para hacerlo?

6. ¿Por qué no es posible determinar con exactitud, es decir sin error alguno, cualquier medición que se realice de alguna magnitud física?

7. ¿Cómo explicas que la fuerza, la velocidad, el desplazamiento y la aceleración, entre otras, son magnitudes vectoriales y no son escalares?

8. ¿A qué se debe que cuando caminas una cierta distancia hacia el norte, por ejemplo, y luego recorres esa misma distancia hacia el sur para regresar al mismo punto de partida, tu desplazamiento es igual a cero?

9. ¿Qué ejemplos de tu vida cotidiana puedes dar en los cuales hayas observado la aplicación de: a) fuerzas colineales, b) fuerzas angulares o concurrentes?

10. ¿Qué nuevas habilidades y destrezas has adquirido como resultado de manipular aparatos, dispositivos y cuantificar los valores de diversas magnitudes físicas?

11. ¿Qué método o procedimiento sigues para resolver una duda o dudas surgidas mientras estudias los contenidos de un determinado tema y cuya respuesta no puedes obtener de manera inmediata?

12. ¿De qué manera el estudio de esta asignatura está cambiando tu percepción del mundo en que vives?

13. ¿Qué cambios has tenido en tu manera de valorar los avances de la ciencia y cuáles son las ventajas y las desventajas que tienen sus aplicaciones en la tecnología?

14. Retoma el cuadro que llenaste en la página 3 y completa la tercera columna "Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)".

15. ¿Cambió algo de lo que estaban seguros que sabían? ¿Por qué cambió?

16. ¿Ya aprendieron todo lo que querían saber? Da ejemplos de ello.

Rúbrica de heteroevaluación

Rúbrica para evaluar la investigación de campo, págs. 16 y 17.

Integrantes del equipo:

Aspecto a evaluar / Niveles	Excelente (4)	Bueno (3)	Regular (2)	Deficiente (1)
Entrega del resumen Lo entregan en tiempo y forma, está limpio y acorde a las instrucciones planteadas.				
Introducción Plantean clara y adecuadamente la información del lugar que seleccionaron, así como su importancia y relación con la vida actual y cotidiana.				
Contenido Desarrollan totalmente la información sobre las aplicaciones de la física que observaron, muestran un buen nivel de profundidad y detalles, relacionan la información con ejemplos concretos.				
Calidad Manejan adecuadamente toda la información, la relacionan con los contenidos disciplinares vistos durante las clases.				
Cantidad Desarrollan toda la información acorde a lo solicitado, proporcionan en gran medida la descripción sobre las aplicaciones de la física.				
Organización Está excelentemente organizado, con una secuencia lógica de las ideas.				
Recursos gráficos Integran una gran variedad de dibujos, esquemas e ilustraciones, todas están relacionadas adecuadamente con su investigación.				
Conclusiones Mencionan conclusiones, a partir de la información obtenida en su visita y además la relacionan con los conocimientos aprendidos durante la clase.				
Puntuación obtenida por nivel:				
Puntuación obtenida del equipo:				

Comentarios generales

Firma del profesor

Lista de cotejo

Coevaluación para la actividad de aprendizaje de pág.15.

Instrucciones: Revisa detenidamente todos los criterios a considerar, después lee con atención todas las preguntas de la actividad de aprendizaje; verifica que todas las respuestas sean contestadas y estén acordes a los criterios solicitados que a continuación se enlistan, de lo contrario realiza un comentario en el apartado de las observaciones.

¡*Recuerda*! Todos tus comentarios deben ser claros, objetivos, propositivos y constructivos; también, tienen que estar relacionados con los contenidos temáticos que se han revisado, esto es con la finalidad de que les sean útiles para concretar la actividad de forma correcta y significativa a ti y tu compañera/o.

	Criterio	cumple		Observaciones
		sí	no	
Cuestionario	Responde todas las preguntas.			
	Todas sus respuestas son breves, claras y pertinentes.			
	Las respuestas abordan temáticas planteadas durante la clase.			
	Relaciona sus respuestas con situaciones de la vida cotidiana.			
	Fundamenta sus explicaciones sobre el estudio de los fenómenos físicos y los relaciona con ejemplos de su entorno.			
	Todos los ejemplos son apropiados y los relaciona con el estudio de la física.			
	En el caso de los paréntesis, contestó todas las preguntas.			
	Todas sus respuestas son correctas.			
	No contestó entre tres y cinco preguntas.			
Desempeños	Muestra buena actitud para realizar la dinámica.			
	Sigue las instrucciones dadas por su profesor/a.			
	Está interesado en saber sus aciertos y dispuesto a recibir comentarios y sugerencias de su trabajo.			
	Pregunta sus dudas y hace comentarios que ayudan a concretar la actividad.			
	Contrasta las respuestas obtenidas con las de sus compañeras/os.			
	Intercambia sus ideas y experiencias a fin de fortalecer su aprendizaje.			
	Ayuda a sus compañeras/os a concretar correctamente la actividad.			
	Aporta información importante a fin de responder a las preguntas de carácter científico.			

En qué consideras que tiene que mejorar tu compañera/o, anota algunas sugerencias.

Revisado por la maestra/o:

Portafolio de evidencias

El portafolio de evidencias es un método de evaluación que consiste en:

- Recopilar los diversos productos que realizaste durante cada bloque (investigaciones, resúmenes, ensayos, síntesis, cuadros comparativos, cuadros sinópticos, el reporte de prácticas de laboratorio, talleres, líneas de tiempo, entre otros), que fueron resultado de tu proceso de aprendizaje en este curso.
- No vas a integrar todos los instrumentos o trabajos que realizaste; más bien, se van a integrar aquellos que tu profesor(a), considere son los más significativos en el proceso de aprendizaje.
- Te permiten reflexionar y darte cuenta de cómo fue tu desempeño durante el desarrollo de las actividades de aprendizaje realizadas.

Etapas para realizar tu portafolio de evidencias

1. Comenta con tu profesor(a) el propósito de tu portafolio y su relación con los objetos de aprendizaje, competencias a desarrollar, desempeños esperados, entre otros elementos; acuerden el periodo de compilación de los productos (por bloque, bimestre, semestre).
2. Haz un registro de los criterios que debes considerar al seleccionar tus evidencias de aprendizaje.
3. Comenta con tu profesor(a) todas las dudas que tengas.

Instrucciones para seleccionar las evidencias

1. Realiza todas las evidencias y así podrás incluir las que elaboraste de manera escrita, audiovisual, artística, entre otras.
2. Selecciona aquellas que den evidencia de tu aprendizaje, competencias y desempeños desarrollados, y que te posibiliten reflexionar sobre ello.
3. Todas las evidencias seleccionadas deben cumplir con el propósito del portafolio en cantidad, calidad y orden de presentación.

Propósito del portafolio de evidencias

Semestre

Observa los resultados del proceso de formación a lo largo del semestre, así como el cambio de los procesos de pensamiento sobre ti mismo y lo que te rodea, a partir del conocimiento de los distintos temas de estudio, en un ambiente que te permita el uso óptimo de la información recopilada.	Número de bloques del libro.

Asignatura		Nombre del alumno:	

Criterios de reflexión sobre las evidencias	Comentarios del estudiante:
¿Cuáles fueron los motivos para seleccionar las evidencias presentadas?	
¿Qué desempeños demuestran las evidencias integradas en este portafolio?	
¿Qué competencias se desarrollan con las evidencias seleccionadas?	
¿Las evidencias seleccionadas cumplieron las metas establecidas en el curso?	
¿Qué mejoras existen entre las primeras evidencias y las últimas?	

Monitoreo de evidencias			Comentarios del profesor(a):
#	Título	Fecha de elaboración	
1			
2			
3			
4			
5			

Lista de cotejo

Con base en el documento *Lineamientos de evaluación del aprendizaje (DGB, 2011)*, el objetivo de las listas de cotejo es determinar la presencia de un desempeño, por tanto, es necesario identificar las categorías a evaluar y los desempeños que conforman cada una de ellas.

Instrucciones: Marcar con una ✗, en cada espacio donde se presente el atributo.

Estructura	Sí	No
1. Cuenta con una carátula con datos generales del estudiante.		
2. Cuenta con un apartado de introducción.		
3. Cuenta con una sección de conclusión.		
4. Cuenta con un apartado que señala las fuentes de referencia utilizadas.		

Estructura interna	Sí	No
5. Parte de un ejemplo concreto y lo desarrolla hasta generalizarlo.		
6. Parte de una situación general y la desarrolla hasta concretarla en una situación específica.		
7. Los argumentos a lo largo del documento se presentan de manera lógica y son coherentes.		

Contenido	Sí	No
8. La información presentada se desarrolla alrededor de la temática, sin incluir información irrelevante.		
9. La información se fundamenta con varias fuentes de consulta citadas en el documento.		
10. Las fuentes de consulta se contrastan para apoyar los argumentos expresados en el documento.		
11. Jerarquiza la información obtenida, destaca aquella que considera más importante.		
12. Hace uso de imágenes o gráficos de apoyo, sin abusar del tamaño de los mismos.		

Aportaciones propias	Sí	No
13. Señala en las conclusiones lo aprendido a través de su investigación y su aplicación a su vida cotidiana.		
14. Las conclusiones desarrolladas son de autoría propia.		
15. Elabora organizadores gráficos para representar de manera sintética grandes cantidades de información.		

Interculturalidad	Sí	No
16. Las opiniones emitidas en el documento promueven el respeto a la diversidad.		
Total		

Escala de clasificación

La escala de clasificación sirve para identificar la presencia de determinado atributo y la frecuencia que presenta (*Lineamientos de evaluación del aprendizaje. DGB, 2011*).

Este instrumento puede evaluar actividades de aprendizaje, ejercicios, talleres, prácticas de laboratorio, cualquier tipo de exposición, podrá ser adaptado a las necesidades específicas de cada tema.

Instrucciones: indica con qué frecuencia se presentan los siguientes atributos durante la dinámica a realizar. Encierra en un círculo el número que corresponda si: **0 no se presenta** el atributo; **1 se presenta poco** el atributo; **2 generalmente se presenta** el atributo; **3 siempre se presenta** el atributo.

Contenido				
1. Desarrolla los puntos más importantes del tema.	0	1	2	3
2. Utiliza los conceptos y argumentos más importantes con precisión.	0	1	2	3
3. La información es concisa.	0	1	2	3
Coherencia y organización				
4. Relaciona los conceptos o argumentos.	0	1	2	3
5. Presenta transiciones claras entre ideas.	0	1	2	3
6. Presenta una introducción y conclusión.	0	1	2	3
Aportaciones propias				
7. Utiliza ejemplos que enriquecen y clarifican el tema.	0	1	2	3
8. Incluye material de elaboración propia (cuadros, gráficas, ejemplos) y se apoya en ellos.	0	1	2	3
Material didáctico				
9. El material didáctico incluye apoyos para presentar la información más importante del tema.	0	1	2	3
10. La información la presenta sin saturación, con fondo y tamaño de letra idóneos para ser consultada por la audiencia.	0	1	2	3
11. Se apoya en diversos materiales.	0	1	2	3
Habilidades expositivas				
12. Articulación clara y el volumen de voz permite ser escuchado por todo el grupo.	0	1	2	3
13. Muestra constante contacto visual.	0	1	2	3
14. Respeta el tiempo asignado con un margen de variación de más o menos dos minutos.	0	1	2	3
Total				
Puntaje total				

Calificación (promedio de los 14 atributos evaluados):

BLOQUE 2

Identificas diferencias entre distintos tipos de movimiento

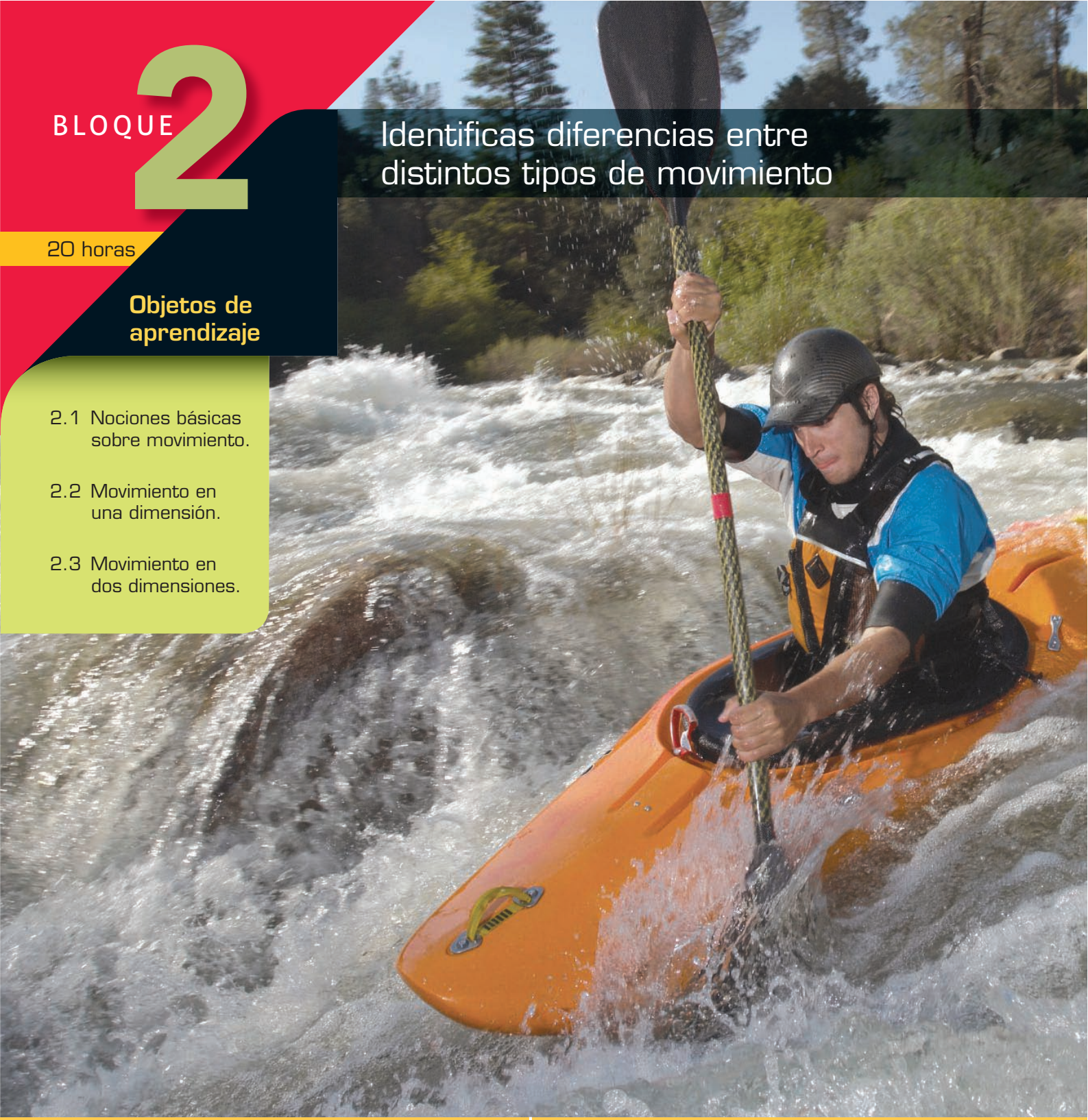
20 horas

Objetos de aprendizaje

2.1 Nociones básicas sobre movimiento.

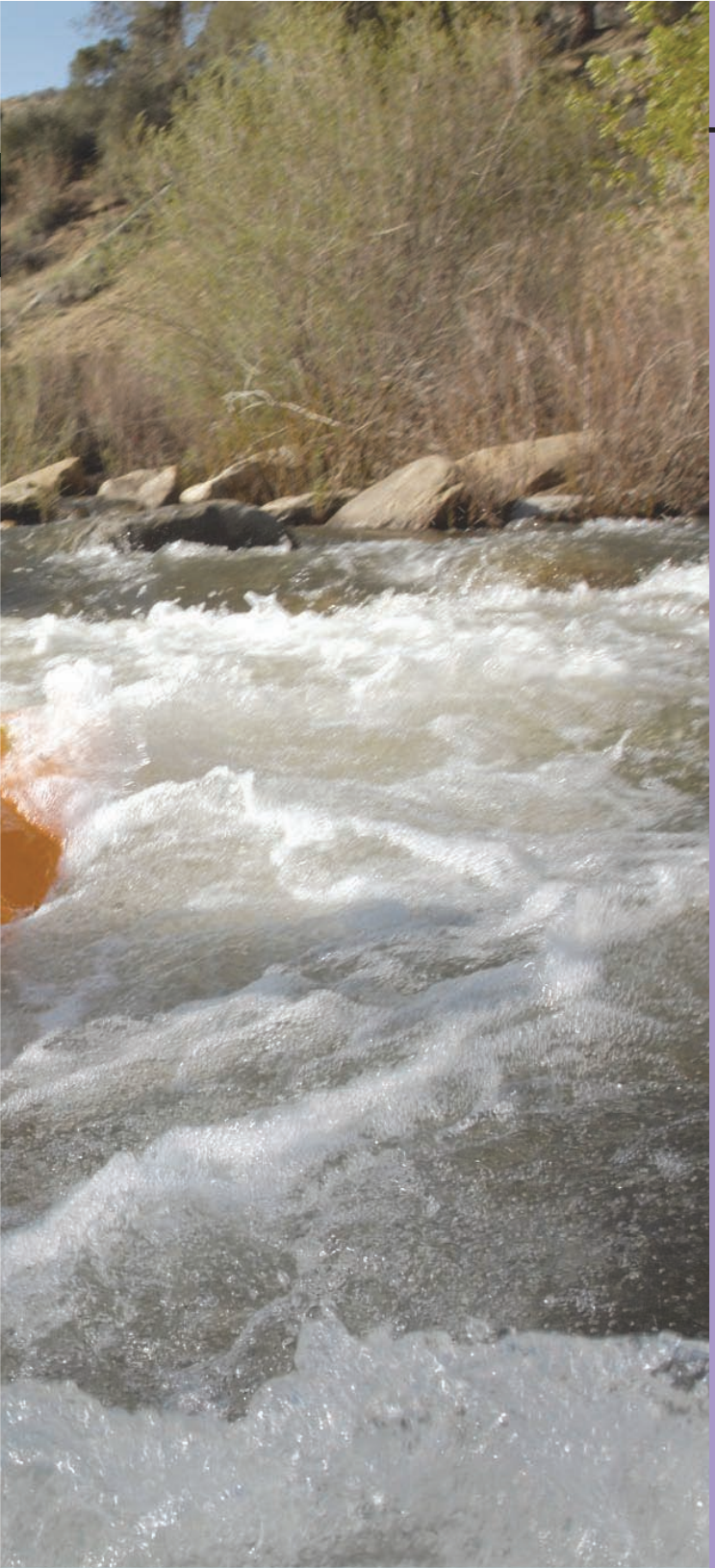
2.2 Movimiento en una dimensión.

2.3 Movimiento en dos dimensiones.



Competencias por desarrollar

- Identifica los conceptos básicos del movimiento.
- Relaciona y utiliza las expresiones algebraicas que definen los diferentes tipos de movimiento para la solución de problemas de su entorno.
- Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico.
- Explica el tipo de movimientos que presentan los cuerpos en una y dos dimensiones.
- Asume que el respeto de las diferencias es el principio de integración y convivencia en su contexto.



Desempeños por alcanzar

- Define conceptos básicos relacionados con el movimiento.
- Identifica las características del movimiento de los cuerpos en una y dos dimensiones.
- Reconoce y describe, con base en sus características, diferencias entre cada tipo de movimiento.

¿Qué sabes hacer ahora?

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

1. ¿Crees que sea posible que exista algún objeto u objetos que se encuentren en reposo absoluto, es decir, sin movimiento en el universo? ¿Sí o no? y ¿por qué?
2. ¿Cómo explicas que un objeto esté en movimiento?
3. Describe el movimiento de un objeto en: a) una dimensión; b) dos dimensiones.
4. Describe con ejemplos observables en tu entorno: a) un movimiento rectilíneo; b) un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
5. ¿Cómo explicas la caída libre de un objeto?
6. Describe por medio de un ejemplo de tu vida cotidiana el tiro vertical de un objeto.
7. ¿Cómo explicas la necesidad de establecer un sistema de referencia para describir el movimiento de un objeto?
8. Escribe un ejemplo práctico del movimiento parabólico de un objeto.
9. ¿Cómo explicas: a) el movimiento circular; b) el movimiento circular uniformemente acelerado de un objeto?

Coevaluación e intercambio de ideas y aprendizajes

Una vez que has respondido espera la indicación de tu profesor(a) para intercambiar tus respuestas con las de otro compañero o compañera. Después de leer sus respectivas respuestas, pónganse de acuerdo y respondan nuevamente las preguntas. Participen con el resto del grupo en su exposición y discusión. Elaboren en su cuaderno una tabla como la que les mostramos para llevar el registro de sus conocimientos actuales y futuros.

Lo que estamos seguros que sabemos	Lo que no estamos seguros de saber o no sabemos y queremos saber	Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)

Situación didáctica ¿Cómo lo resolverías?

¿Cómo puedo identificar y explicar científicamente las características de los diferentes tipos de movimientos que observo en mi entorno, la solución matemática de los mismos, así como la demostración experimental de dos tipos de movimientos?

Secuencia didáctica ¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de actividades que debes seguir para responder la pregunta correspondiente a la situación didáctica. Realízalas con responsabilidad, entusiasmo y solidaridad con tus compañeros.

1. De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) forma un equipo para que con la participación de todos, lleven a cabo la situación didáctica, en el tiempo que se les indique.
2. Pónganse de acuerdo en la manera que se organizarán para realizarla.
3. Elaboren una lista con las actividades deportivas que practican con frecuencia y las que conocen por medio de los distintos medios de comunicación, por ejemplo: televisión, periódicos, revistas, videos, libros o Internet, tales como futbol, basquetbol, voleibol, béisbol, golf, tenis, natación y clavados, en los cuales se manifiesten distintos tipos de movimiento. Asimismo, visiten parques y canchas deportivas, estadios, albercas y una feria con juegos mecánicos, que tenga rueda de la fortuna, carrusel, martillo, entre otros, de tal manera que identifiquen dónde se realizan movimientos que sean rectilíneos, rectilíneos uniformemente acelerados, parabólicos, rotacionales y circulares. Tomen nota primero en su cuaderno y luego de común acuerdo, escríbanlos en cartulinas, papel rotafolio o en un programa de la computadora, señalando de qué deporte o juego mecánico se trata y el o los movimientos que observan en ellos. Presenten su resumen ante sus compañeros de los demás equipos. La siguiente tabla puede servirte como referencia:

Actividad deportiva o juego mecánico	Tipo o tipos de movimiento que se observan















4. Lean de manera individual en su libro de texto todos los conceptos involucrados referentes a los distintos tipos de movimiento, en donde se abordan los objetos de aprendizaje: 2.1 Nociones básicas sobre movimiento, 2.2 Movimiento en una dimensión y 2.3 Movimiento en dos dimensiones. Identifiquen las ideas clave y las expresiones matemáticas para calcular las magnitudes o variables involucradas en los distintos conceptos. Anótenlas primero en su respectivo cuaderno y después, con el consenso de los integrantes del grupo, elaboren en cartulinas, papel rotafolio, diapositivas o en un programa de computadora, las ideas clave y un formulario con las expresiones matemáticas respectivas. Presenten imágenes o figuras en donde se observen cuerpos físicos con los diferentes tipos de movimiento.
5. Investiguen en libros, revistas, enciclopedias o vía Internet, cómo se puede medir la rapidez de personas y objetos en algunos deportes, por ejemplo: futbol, béisbol, atletismo y natación; marcas registradas en diferentes disciplinas y pruebas olímpicas. Elaboren una síntesis o resumen en cartulinas, papel rotafolio, diapositivas, o en un programa de computadora.
6. Seleccionen un mínimo de dos diferentes tipos de movimiento, para que diseñen las actividades experimentales, que posibiliten explicar sus características y expresiones matemáticas para medir las magnitudes o variables involucradas. Si requieren elaborar dispositivos para demostrar los tipos de movimiento, háganlos con la participación de todos, su costo no debe ser excesivo. Elaboren de común acuerdo, un guión que les servirá para presentar ante los demás equipos sus actividades experimentales, escríbanlo en cartulinas, papel rotafolio, diapositivas o en un programa de computadora.
7. Los equipos presentarán ante el grupo las ideas clave y las expresiones matemáticas que se requieren para cuantificar los conceptos subsidiarios, así como la manera en que se determina la rapidez de personas y objetos en distintos deportes, ya sea por medio de cartulinas, papel rotafolio, diapositivas o en un programa de computadora. También demostrarán las actividades experimentales que diseñaron para explicar las características de los dos tipos de movimiento como mínimo que seleccionaron, y de acuerdo con sus expresiones matemáticas demuestren que las actividades experimentales son válidas y confiables, al trabajar con valores las distintas variables o magnitudes.
8. Con el apoyo de su profesor(a), discutan grupalmente por medio de lluvia de ideas, qué otras aplicaciones se tienen de los diferentes tipos de movimiento, como pueden ser competencias de automóviles, motociclismo, ciclismo, lanchas con motores fuera de borda, paracaidismo o aerogeneradores, entre otros.

Rúbrica

¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Criterios que debes considerar para resolver la pregunta hecha en la situación didáctica y que serán de utilidad para que tú mismo y tu profesor(a) puedan evaluar y valorar tu desempeño.

1. Participa propositivamente en la elaboración de la lista de las actividades deportivas que practican y las que conocen por los distintos medios, así como en el llenado de la tabla.
2. Lee con atención en tu libro de texto los conceptos involucrados y la resolución de problemas, así como las expresiones matemáticas involucradas.
3. Debes identificar las ideas clave, las expresiones matemáticas involucradas, y estar seguro de que las comprendes. En caso contrario, apóyate en tus compañeros o solicita la asesoría de tu profesor(a).
4. Apoya en la elaboración del resumen o síntesis que presentarán ante los demás equipos.
5. Participa en la investigación documental o vía Internet, referente a cómo se mide la rapidez de personas y objetos en algunos deportes, así como en la elaboración de la síntesis o resumen.
6. Contribuye en la selección de los dos tipos de movimiento que demostrarán experimentalmente, así como en su diseño y acopio del material que requerirán.
7. Apoya en la elaboración del guión y demostración de las actividades experimentales que seleccionaron.
8. De manera colaborativa, propositiva, respetuosa y solidaria, participa en la discusión grupal referente a las aplicaciones que se tienen de los diferentes tipos de movimiento estudiados, en competencias de automóviles, motocicletas, ciclismo, lanchas, paracaidismo, aerogeneradores, entre otros que se propongan en tu grupo.

Autoevaluación

Con la finalidad de que reflexiones acerca de los resultados que obtuviste después de resolver la pregunta formulada en la situación didáctica, responde en tu cuaderno lo siguiente:

1. Participé en la elaboración de la lista con las actividades deportivas que realizamos o bien conocemos y éstas son (escríbelas). Para observar diferentes tipos de movimiento visitamos los siguientes lugares (escríbelos).
2. Los deportes que más me gustan y los tipos de movimiento que observo en ellos son (descríbelos).
3. En los juegos mecánicos que visitamos, los tipos de movimiento que observamos son (descríbelos).
4. Leí mi libro de texto y aprendí las ideas clave referentes a los conceptos de los diferentes tipos de movimiento. Con base en ello, puedo proponer ejemplos de mi vida cotidiana y de mi entorno, en los cuales se manifiesten dichos conceptos (describe con ejemplos cotidianos los conceptos referentes a los distintos tipos de movimiento de los cuerpos y las expresiones matemáticas que recuerdes para ellos; si no las recuerdas todas, no te preocupes, el formulario que elaboraste es suficiente para que lo utilices en la resolución de ejercicios que vienen en tu libro o en los que tu profesor(a) proponga).
5. Investigué cómo se puede medir la rapidez de personas y objetos en algunos deportes y me llamó la atención de manera especial cómo se mide en el siguiente deporte (describe el deporte y cómo se mide la rapidez).
6. Participé responsablemente en el diseño de las actividades experimentales para demostrar los tipos de movimiento que seleccionamos (describe qué actividades experimentales diseñaron y cuál fue tu participación; si elaboraron prototipos explica cómo los hicieron, señala también qué expresiones matemáticas usaron para medir las magnitudes o variables involucradas, para ello, puedes usar el formulario que elaboraste).
7. Participé de manera responsable, solidaria, entusiasta y propositiva, en la presentación que hizo mi equipo ante el grupo de las ideas clave; formulario con las expresiones matemáticas que se requieren para cuantificar los conceptos involucrados en los diferentes tipos de movimiento; así como la manera en que se determina la rapidez de personas y objetos en distintos deportes. También participé en la demostración de las actividades experimentales, en las que trabajamos con la asignación de valores para las distintas variables o magnitudes (describe en qué consistió tu participación y lo que aprendiste de ella).

Coevaluación

Después de haber respondido espera la indicación de tu profesor(a) para intercambiar tus respuestas con las de otro compañero o compañera. Comenten entre ustedes las respuestas que dieron, corríjanse de ser necesario y contesten pero ahora de común acuerdo, los mismos aspectos. Discutan con las demás parejas sus respuestas. Intercambien ideas, experiencias y conocimientos, esta actividad fortalecerá su aprendizaje.

Indicadores de desempeño

- Sintetiza la información al identificar las ideas clave de un texto.
- Interpreta y aplica correctamente los conceptos relacionados con los diferentes tipos de movimiento de los cuerpos.

Actitudes y valores

- Promueve el trabajo grupal de manera solidaria, participativa y respetuosa con las diferentes maneras de pensar de tus compañeros(as).
- Valora las aplicaciones de la física en tu vida cotidiana y la importancia que tiene para incrementar su cultura.

Portafolio de evidencias

Enriquece tu portafolio de evidencias

- Guarda en la carpeta física o en la carpeta creada en tu computadora para tu asignatura de Física 1, las ideas clave, formulario, la manera en que se determina la rapidez de personas y objetos en distintos deportes, y el guión de las actividades experimentales que diseñaron. Tu profesor(a) te indicará cuándo debes mostrarle tu carpeta física o enviarle tu carpeta por correo electrónico.

2.1 Nociones básicas sobre movimiento

Posición

La posición de un cuerpo físico indica el lugar, sitio o espacio en el cual se encuentra, con respecto a un punto de referencia.

Para definir la posición de un punto en el espacio, de manera frecuente se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas o coordenadas rectangulares, también se utilizan las coordenadas polares; ambas las estudiaremos más adelante. De manera general, podemos decir que la posición de un cuerpo físico es aquella información que posibilita localizarlo en el espacio en un determinado tiempo, y para ello, se requiere una doble información, una que se refiere a medidas espaciales y otra a una medida de tiempo. Ambas son necesarias, en virtud de que los objetos cambian de posición al transcurrir el tiempo.

Tiempo

De manera práctica podemos decir que el tiempo representa la duración de las cosas que transcurren y se suceden, marcada especialmente por el curso de los días, las noches y las estaciones. Originalmente, la definición del tiempo se basó en la idea del día solar, considerado como el intervalo de tiempo transcurrido entre dos apariciones sucesivas del Sol sobre un determinado meridiano terrestre. Por tanto, un segundo se definía como 1/86 400 del día solar medio. Sin embargo, son tantas las perturbaciones que hay en el movimiento de los astros, que la duración de un segundo difiere de un momento a otro.

La noción de tiempo, aparentemente simple, ha ido complicándose cada vez más con los progresos de la física y el aumento constante de la precisión en las medidas. No plantearían problemas su definición y su medida si fuera un fenómeno físico, independiente de las cosas, que se produjera regular y simultáneamente en todas partes. Sin embargo, al no tener existencia propia, el tiempo se aprecia y mide refiriéndose a fenómenos que pueden ser determinados por las leyes de la física. Ahora bien, los relojes más precisos que el hombre ha construido como son el reloj atómico y el reloj de cuarzo, no están exentos de errores, aunque éstos sean mínimos. Por ejemplo, los mejores relojes de cesio, son tan precisos que en 300 mil años se adelantan o atrasan sólo un segundo.

Actualmente, el Sistema Internacional de Unidades define al segundo como el tiempo necesario para que el átomo de cesio de masa atómica 133, efectúe 9 192 631 770 ciclos de la radiación de cierta transición del electrón.

Movimiento

Cuando decimos que un objeto se encuentra en movimiento, interpretamos que **su posición está variando respecto a un punto de referencia al transcurrir el tiempo** (Fig. 2.1). El estudio de la cinemática nos posibilita conocer y predecir en qué lugar se encontrará un objeto, qué velocidad tendrá al cabo de cierto tiempo, o bien, en qué lapso llegará a su destino. **Hacer la descripción del movimiento de un objeto significa precisar, a cada instante, su posición en el espacio.** Para ello, debemos disponer de instrumentos que nos posibiliten hacer mediciones, como es el caso de las cintas métricas, relojes y cámaras fotográficas con luz estroboscópica; estas últimas permiten ver aparentemente inmóviles o con movimientos lentos aquellos objetos que tienen movimientos rápidos, ya sean de rotación o alternativos.

Concepto de cinemática

La cinemática es la parte de la mecánica que estudia los diferentes tipos de movimiento de los objetos sin atender las causas que los producen.

Concepto de partícula material en movimiento e interpretación de su trayectoria

En la descripción del **movimiento** de cualquier objeto, también llamado **cuerpo físico**, resulta útil interpretarlo como una **partícula material en movimiento**, es decir, como si fuera un solo punto en movimiento. Para ello, se considera la masa de un objeto concentrada en un punto. Por supuesto, no se requiere que el



Figura 2.1
El esquiador se encuentra en movimiento, ya que su posición está variando respecto a un punto considerado fijo al transcurrir el tiempo.

objeto sea de dimensiones pequeñas para considerarlo como una partícula material, pues sólo se pretende facilitar la descripción de sus cambios de posición al suponer que todas sus partes constitutivas están animadas del mismo movimiento.

El hecho de considerar a un cuerpo físico como una simple partícula nos evita analizar detalladamente los diferentes movimientos experimentados por el mismo cuerpo durante su desplazamiento de un punto a otro. Pensemos en la trayectoria de un balón de futbol cuando es pateado: en realidad, mientras se desplaza en el aire puede girar, pero si lo suponemos una partícula eliminamos los diferentes giros que hace y consideramos únicamente un solo movimiento, de manera que **cualquier objeto material o cuerpo físico puede ser considerado como una partícula** (Fig. 2.2).

El recorrido de un móvil debido a su cambio de posición lo constituye una línea que recibe el nombre de **trayectoria**, y dependiendo de su forma, el movimiento puede ser **rectilíneo** o bien, curvilíneo si su trayectoria es circular, elíptica o parabólica. Los movimientos de los cuerpos **pueden ser uniformes o variados, dependiendo de que la velocidad permanezca constante o no**.

Distancia y desplazamiento

La **distancia** recorrida por un móvil **es una magnitud escalar, ya que sólo interesa saber cuál fue la magnitud de la longitud recorrida** por el móvil durante la trayectoria seguida, sin importar en qué dirección lo hizo. Por ejemplo, si a una persona le recomiendan correr 3 km todos los días para tener buena condición física, no importa si lo hace en línea recta corriendo 1.5 km de ida y 1.5 km de regreso, o los recorre dando vueltas a un parque hasta completar los 3 kilómetros (Fig. 2.3). En cambio, **el desplazamiento de un móvil es una magnitud vectorial, ya que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos: el de partida y el de llegada**. Así, una persona puede caminar 10 m al norte y 10 m al sur para regresar al mismo punto de donde partió. Tendremos entonces que la distancia que recorrió es de 20 m, sin embargo, su desplazamiento es igual a cero, porque regresó al mismo lugar de partida. Encontrarás otros ejemplos más adelante, al abordar la interpretación de gráficas de magnitud del desplazamiento-tiempo y magnitud de la velocidad-tiempo. También puedes ver la resolución de problemas de la parte correspondiente al subtema Representación gráfica de sistemas de vectores coplanares, no coplanares, colineales y angulares o concurrentes. Concepto de vectores deslizantes y libres (p. 38) que corresponde al bloque 1 de este libro.



Figura 2.2
Todo cuerpo físico en movimiento puede ser considerado para fines prácticos como si se tratara de una partícula material en movimiento.



Figura 2.3
A este corredor le interesa recorrer una distancia de 3 km, por lo que primero avanza 1.5 km y luego los retrocede, para llegar a su mismo punto de partida, por lo que su desplazamiento es igual a cero.

Velocidad y rapidez

La velocidad y la rapidez por lo general se usan como sinónimos en forma equivocada; no obstante que la **rapidez** es una **magnitud escalar** que únicamente indica **la magnitud de la velocidad**; y la **velocidad** es una **magnitud vectorial**, pues para quedar bien definida **requiere que se señale, además de su magnitud, su dirección y su sentido**. Cuando un móvil sigue una trayectoria en línea recta, recorriendo distancias iguales en cada unidad de tiempo, su rapidez y velocidad permanecen constantes; en cambio, si en una trayectoria curva el móvil logra conservar una rapidez constante, por ejemplo 30 km/h, la velocidad cambia aunque su magnitud, o rapidez, no varía, pero su sentido sí se modifica (Fig. 2.4). En conclusión, cuando en física se habla de velocidad, no se refiere sólo a la rapidez con que se mueve un cuerpo, sino también en qué dirección y sentido lo hace.

La dirección de la velocidad de un cuerpo móvil queda determinada por la dirección o línea de acción en la cual se efectúa su desplazamiento. La velocidad de un cuerpo puede ser **constante o variable**. Por ejemplo, un ciclista al inicio de una carrera va aumentando paulatinamente la magnitud de su velocidad, y durante algunos tramos en línea recta, la conserva constante; al subir una cuesta redu-



Figura 2.4
Durante una curva, el móvil puede conservar una rapidez constante, es decir, recorrer la misma distancia en cada unidad de tiempo. Sin embargo, la velocidad no permanece constante, ya que varía su sentido.

ce la magnitud de su velocidad, misma que se incrementa durante la bajada. Al final de la carrera, trata de incrementar al máximo a magnitud de su velocidad hasta llegar a la meta, después la va disminuyendo hasta detenerse totalmente (Fig. 2.5).



Figura 2.5
Un ciclista conserva en algunos tramos rectos su velocidad, pero en lo general la está variando, sobre todo en subidas y bajadas.

La velocidad se define como **el desplazamiento realizado por un móvil, dividido entre el tiempo que tarda en efectuarlo:**

$$\vec{v} = \frac{\vec{d}}{t}$$

donde $\vec{v}$ = velocidad del móvil
$\vec{d}$ = desplazamiento del móvil
t = tiempo en que se realiza el desplazamiento.

Las unidades de velocidad son:

En el SI ⇒ m/s.
En el CGS ⇒ cm/s.

Concepto de aceleración

Cuando la velocidad de un móvil no permanece constante, sino que varía, ya sea porque aumenta o disminuye la magnitud de su velocidad o porque cambia de dirección, decimos que tiene una relación. Por definición, **aceleración es la variación de la velocidad de un móvil (Δv) en cada unidad de tiempo** (Fig. 2.6). Su magnitud se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$a = \frac{\Delta v}{t} \qquad 1$$

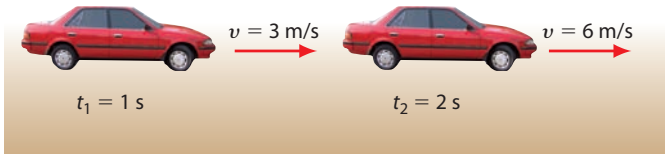


Figura 2.6
Este automóvil tiene aceleración, ya que su velocidad no permanece constante, sino que varía de un tiempo t_1 a un tiempo t_2.

Para determinar las unidades de aceleración, sustituimos las unidades de velocidad y tiempo, según el sistema de unidades utilizado:

SI $\quad \dfrac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$

CGS $\quad \dfrac{\frac{\text{cm}}{\text{s}}}{\text{s}} = \dfrac{\text{cm}}{\text{s}^2}$

Si el móvil no parte del reposo, entonces en el intervalo de tiempo en el cual se considera su movimiento, ya tenía una velocidad llamada inicial (v_0). Cuando el móvil no parte del reposo, la magnitud de la aceleración es igual al cambio en la magnitud de su velocidad $\Delta v = (v_f - v_0)$, dividido entre el tiempo que tarda en realizarlo. Por tanto:

$$a = \frac{v_f - v_0}{t} \qquad 2$$

donde:

a = magnitud de la aceleración del móvil en m/s^2 o cm/s^2
v_f = magnitud de la velocidad final del móvil en m/s o cm/s
v_0 = magnitud de la velocidad inicial del móvil en m/s o cm/s
t = tiempo en que se produce el cambio en la magnitud de la velocidad en segundos (s)

Al conocer la magnitud de la aceleración de un móvil y la magnitud de su velocidad inicial, generalmente se desea calcular la magnitud de la velocidad final al cabo de cierto tiempo. Por tanto, despejando por pasos v_f de la ecuación 2 tenemos:

$$at = v_f - v_0 \qquad \therefore \qquad v_f = v_0 + at$$

La aceleración es una magnitud vectorial y su sentido será igual al que tenga la variación de la velocidad. Por tanto, la aceleración es positiva cuando el cambio en la velocidad también es positivo, y será negativa si el cambio en la velocidad es negativo.

Ejemplos

Distancia, desplazamiento, velocidad, rapidez y aceleración

1. La rapidez de un patinador es de 9 m/s. ¿Qué distancia recorre en 60 s?

Solución

Datos

$v = 9\ \text{m/s}$

$t = 60\ \text{s}$

$d = ?$

Fórmula

$$v = \frac{d}{t} \quad \therefore \quad d = v\,t$$

Sustitución y resultado

$$d = 9\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 60\ \text{s} = \mathbf{540\ m}$$

2. Un atleta avanza 4 km en un tiempo de 13 minutos. Calcular su rapidez, es decir, la magnitud de su velocidad, en: a) km/h y b) m/s.

Solución

Datos

$d = 4\ \text{km}$

$t = 13\ \text{min}$

a) $v = ?\ \text{km/h}$

b) $v = ?\ \text{m/s}$

Fórmula

$$v = \frac{d}{t}$$

a) **Transformación de unidades**

$$13\ \text{min} \times \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} = 0.217\ \text{h}$$

Sustitución y resultado

$$v = \frac{4\ \text{km}}{0.217\ \text{h}} = \mathbf{18.43\ km/h}$$

b) $$18.43\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \times \frac{1\ \text{h}}{3\,600\ \text{s}} = 5.12\ \text{m/s}$$

$$\mathbf{v = 5.019\ m/s}$$

3. Encontrar la velocidad en m/s de un motociclista cuyo desplazamiento es de 8 km al este en 9 minutos.

Solución

Datos

$\vec{d} = 8\ \text{km al este}$

$t = 9\ \text{min}$

$\vec{v} = \mathbf{?\ m/s}$

Fórmula

$$\vec{v} = \frac{\vec{d}}{t}$$

Transformación de unidades

$$8\ \text{km} \times \frac{1\,000\ \text{m}}{1\ \text{km}} = 8\,000\ \text{m}$$

$$9\ \text{min} \times \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 540\ \text{s}$$

Sustitución y resultado

$$v = \frac{8\,000\ \text{m}}{540\ \text{s}} = \mathbf{14.81\ m/s}$$

$$\vec{v} = 14.81\ \text{m/s al este}$$

4. Determinar el desplazamiento en metros que realizará un automóvil al viajar hacia el norte a una velocidad de 80 km/h durante 0.9 minutos.

Solución

Datos

$\vec{v} = 80\ \text{km/h al norte}$

$t = 0.9\ \text{min}$

$\vec{d} = \mathbf{?\ m}$

Fórmula

$$\vec{v} = \frac{\vec{d}}{t} \quad \therefore \quad \vec{d} = \vec{v}t$$

Transformación de unidades

$$80\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \times \frac{1\ \text{h}}{3\,600\ \text{s}} = 22.22\ \text{m/s}$$

$$0.9\ \text{min} \times \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 54\ \text{s}$$

Sustitución y resultado

$$d = 22.22\frac{\text{m}}{\text{s}} \times 54\ \text{s} = \mathbf{1199.88\ m}$$

$$\vec{d} = 1199.88\ \text{m al norte}$$

5. Una lancha de motor desarrolla una velocidad cuya magnitud es de 6.5 m/s, si la velocidad que lleva la corriente de un río hacia el este es de 3.4 m/s.

Calcular

a) La velocidad de la lancha si va en la misma dirección y sentido que la corriente del río.

b) La velocidad de la lancha si va en la misma dirección, pero en sentido contrario a la corriente del río.

c) La magnitud velocidad de la lancha si se requiere cruzar perpendicularmente el río de una orilla a la otra. Determinar también cuál será la dirección que llevará la lancha; emplear el método del paralelogramo.

Solución

a) $v = v_L + v_R = 6.5\frac{m}{s} + 3.4\frac{m}{s} = \mathbf{9.9}\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$

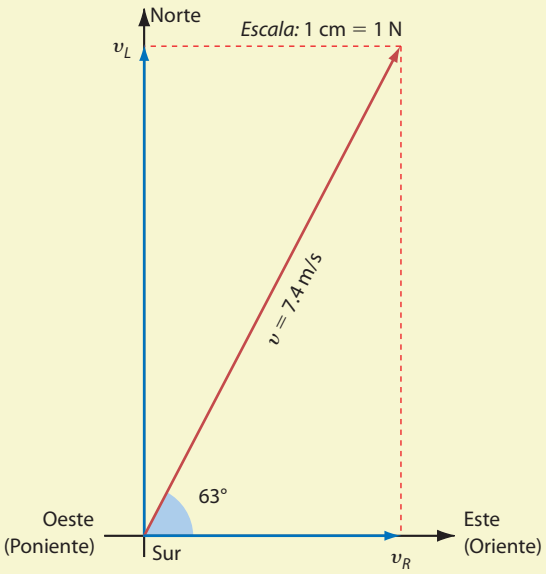
$\vec{v} = 9.9$ m/s al este

b) $v = -v_L + v_R = -6.5\frac{m}{s} + 3.4\frac{m}{s} = \mathbf{-3.1}\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$

$\vec{v} = -3.1\frac{m}{s}$ al oeste

Nota: El signo $(-)$ de la velocidad de la lancha (v_L) se debe a que va hacia el oeste, es decir, al poniente, o sea, hacia la izquierda del eje *x*.

c) Método del paralelogramo.



Como puede observarse, la velocidad de la lancha es de 7.4 m/s con un ángulo de 63° en dirección noreste.

6. Una camioneta adquiere una velocidad de 45 km/h al poniente en 3.8 s. ¿Cuál es su aceleración en m/s^2?

Solución

Datos

$v = 45$ km/h al poniente

$t = 3.8$ s

$a = ?$ m/s^2

Fórmula

$a = \frac{v}{t}$

Transformación de unidades

$$45\frac{km}{h} \times \frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 12.5\frac{m}{s}$$

Sustitución y resultado

$$a = \frac{12.5\text{ m/s}}{3.8\text{ s}} = \mathbf{3.29\ m/s^2}$$

$\vec{a} = 3.29$ m/s^2 al poniente

7. Un corredor que se dirige al norte lleva una velocidad inicial de 8 m/s y a los 2 segundos su velocidad es de 10 m/s. ¿Cuál es su aceleración?

Solución

Datos

$v_0 = 8$ m/s

$v_f = 10$ m/s

$t = 2$ s

$\vec{a} = ?$

Fórmula

$a = \frac{v_f - v_0}{t}$

Sustitución y resultado

$$a = \frac{10\text{ m/s} - 8\text{ m/s}}{2\text{ s}} = \mathbf{1\ m/s^2}$$

$\vec{a} = 1$ m/s^2 al norte

8. Un camión que se dirige hacia el oeste (poniente) lleva una velocidad inicial de 60 km/h y durante 2 segundos experimenta una aceleración de 1.2 m/s^2. ¿Cuál es la magnitud de su velocidad final?

Solución

Datos

$v_0 = 60$ km/h

$t = 2$ s

$a = 1.2$ m/s^2

$v_f = ?$

Fórmula

$a = \frac{v_f - v_0}{t} \quad \therefore \quad v_f = v_o + at$

Transformación de unidades

$$60\frac{km}{h} \times \frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 16.67\text{ m/s}$$

Sustitución y resultado

$v_f = 16.67\frac{m}{s} + (1.2\frac{m}{s^2} \times 2\text{ s})$

$v_f = 16.67\frac{m}{s} + 2.4\frac{m}{s}$

$v_f = \mathbf{19.07}\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$

Ejercicios

1. Un ciclista recorre una distancia de 25 m al oeste (poniente) en 3 s.

   Calcula

   a) ¿Qué rapidez lleva?

   b) ¿Cuál es su velocidad?

2. Un motociclista lleva una rapidez de 20 km/h durante 0.09 h. ¿Qué distancia recorre?

3. Determinar el desplazamiento en metros de un autobús que va a una velocidad de 80 km/h al este (oriente), durante 0.5 min.

4. Calcular el tiempo en segundos que tardará un automóvil en desplazarse 3 km en línea recta hacia el sur con una velocidad cuya magnitud es de 70 km/h.

5. Una lancha con motor navega a una velocidad cuya magnitud es de 60 km/h en un río cuya velocidad es de 15 km/h al norte.

   Calcula

   a) La velocidad de la lancha si va en la misma dirección y sentido que la corriente del río.

   b) La velocidad de la lancha si va en la misma dirección, pero con sentido contrario a la corriente del río.

   c) La velocidad de la lancha al cruzar perpendicularmente el río de una orilla a la otra. Encontrar también la dirección que llevará la lancha.

6. Si un barco navega en el mismo sentido de la corriente de un río, consume menos combustible que cuando va en sentido contrario a la corriente. ¿Cómo explicarías este comportamiento en el consumo de combustible?

7. Un camión a partir del reposo, alcanza una velocidad cuya magnitud es de 40 km/h en 5 s. Calcula cuál fue la magnitud de su aceleración en m/s^2.

8. Un coche de carreras lleva una velocidad inicial cuya magnitud es de 15 m/s y a los 3 s su velocidad tiene una magnitud de 32 m/s. Determina cuál es la magnitud de su aceleración.

9. Una lancha con motor fuera de borda lleva una velocidad inicial cuya magnitud es de 50 km/h y durante 5 segundos experimenta una aceleración cuya magnitud es de 1.3 m/s^2. Calcula cuál es la magnitud de su velocidad final en m/s y en km/h.

Actividad experimental 3

Distancia y desplazamiento

Objetivo

- Determinar experimentalmente los valores de la distancia y el desplazamiento de un móvil.

Consideraciones teóricas

La distancia recorrida por un móvil es una magnitud escalar, ya que sólo interesa saber cuál fue la magnitud de la longitud recorrida por el móvil durante su trayectoria, sin importar en qué dirección lo hizo.

El desplazamiento de un móvil es una magnitud vectorial que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos: el de partida y el de llegada.

Material

- Una regla graduada de un metro
- Un transportador
- Un cordón o mecate de 5 m
- Un gis
- Un trozo de madera o palo

Procedimiento

1. Marca en el piso una señal que te sirva como punto de partida. Identifica con tus compañeros el Norte, Sur, Este y Oeste geográficos. Recuerda que al Este también se le llama Oriente y al Oeste, Poniente.
2. Pídele a un compañero que dé cinco pasos al Norte y tres pasos al Este, marca en cada caso el punto a donde llega.
3. Determina cuál es la distancia total recorrida por tu compañero. Para ello mide con la regla la distancia que recorrió al dar los cinco pasos al Norte y la distancia recorrida al dar los tres pasos al Este. Suma las dos distancias y encuentra el valor de la distancia total, escribe su valor: $d_t =$ _____
4. Determina el desplazamiento efectuado por tu compañero. Para lograrlo, mide con la regla la distancia que hay entre el punto de partida y el de llegada. La dirección la determinarás al medir con un transportador el ángulo que forma la recta que representa la distancia medida entre el punto de partida y el de llegada, con respecto al Este. Escribe sus valores:
   $\vec{d} =$ _____
5. Traza en el piso un círculo cuyo radio sea de 5 m. Para ello, utiliza un cordón o mecate de 5 m, marca lo que será el centro del círculo y fija con el dedo de un compañero un extremo del cordón o mecate, y al otro extremo de éste ata un gis si el piso es de cemento, o un palo si es de tierra, para que marques el círculo al girar alrededor del centro de éste.

6. Señala sobre el círculo un punto de partida, colócate en él y da cinco vueltas completas para que regreses al mismo punto de donde partiste. Calcula la distancia que recorriste. Recuerda que el perímetro de un círculo es igual a $2\pi r$. ¿Cuánto vale dicha distancia? $d =$ _____

¿Cuál es el valor del desplazamiento?

$\vec{d} =$ _____

Cuestionario

1. ¿Por qué no es lo mismo distancia que desplazamiento?

2. ¿Por qué el desplazamiento es cero, cuando al partir de un punto y después de recorrer una distancia se regresa al mismo punto de partida?

Retroalimentación de la actividad experimental 3

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto:

En la actividad experimental 3, Distancia y desplazamiento, pudiste comprobar con los puntos 3, 4 y 6, que no es lo mismo la distancia que el desplazamiento, y seguramente, a la pregunta 1 del cuestionario respondiste lo siguiente: La distancia recorrida por un móvil es una magnitud escalar, ya que sólo interesa saber cuál fue la magnitud de la longitud recorrida por el móvil durante su trayectoria, sin importar en qué dirección lo hizo. Mientras que el desplazamiento de un móvil es una magnitud vectorial, que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos: el de partida y el de llegada. A la pregunta No. 2 seguramente respondiste más o menos lo siguiente: Cuando un móvil parte de un punto y después de recorrer una cierta distancia, regresa al mismo punto de partida, su desplazamiento tiene un valor de cero, ya que es cero la distancia entre los dos puntos, el de partida y el de llegada.

Sistemas de referencia absoluto y relativo

En la descripción del movimiento de un objeto o de una partícula es necesario señalar perfectamente cuál es su posición, para ello, se usa un **sistema de referencia**. Hay dos tipos de sistemas de referencia: **el absoluto y el relativo**.

El sistema de referencia absoluto es aquel que considera un sistema fijo de referencia y el sistema de referencia relativo es aquel que considera móvil al sistema de referencia. Un caso representativo del sistema de referencia relativo, lo tenemos cuando se determinan las trayectorias a seguir por una nave espacial que parte de la Tierra a la Luna, pues se debe considerar que las posiciones de la Tierra, la Luna y la nave varían constantemente. En realidad, el sistema de referencia absoluto no existe; por ejemplo, si una persona parada en una esquina observa a un automóvil circular a una velocidad de 50 km/h hacia el norte, podría considerarse que el automóvil se mueve respecto a un punto fijo, el cual es la persona misma parada en la esquina; pero en realidad la persona también se mueve, pues la Tierra está en continuo movimiento de rotación y de traslación alrededor del Sol. Sin embargo, resulta útil tomar en cuenta los movimientos que se producen sobre la superficie de la Tierra, suponiendo a ésta como un sistema de referencia absoluto, es decir, fijo (Fig. 2.7).



Figura 2.7
El movimiento de los aviones se analiza suponiendo a la Tierra como un sistema fijo de referencia, es decir, un sistema de referencia absoluto.

La importancia de definir claramente el sistema de referencia empleado al describir el movimiento de un cuerpo, se comprenderá mejor con los siguientes ejemplos: en un tren cuya marcha es de 80 km/h viaja una persona a la cual se le ocurre caminar en el vagón en la misma dirección que la máquina y a una velocidad cuya magnitud es de 5 km/h, esto lo hace considerando al tren como un sistema de referencia inmóvil; sin embargo, si otra persona observa el paso del tren, su sistema de referencia será la Tierra, y para él la magnitud de la velocidad del pasajero se obtendrá al sumar la magnitud de la velocidad de éste y la del tren, dando como resultado 85 km/h. De igual manera, cuando viajamos en un avión y observamos el movimiento de las azafatas por el pasillo central, lo referimos respecto al avión, considerado como un sistema de referencia fijo, es decir, absoluto. Pero para el piloto que supervisa meticulosamente el vuelo del avión y mira en forma permanente hacia el exterior tendrá como sistema de referencia a la Tierra considerada fija o inmóvil.

Coordenadas cartesianas o coordenadas rectangulares

Para describir la posición de una partícula sobre una superficie, se utiliza un sistema de **coordenadas cartesianas o coordenadas rectangulares**. En este sistema, **los ejes se cortan perpendicularmente** en un punto *O* llamado origen. El eje horizontal es el de las **abscisas o de las *x*** y el eje vertical es el de las **ordenadas o de las *y***. Observemos la figura 2.8.

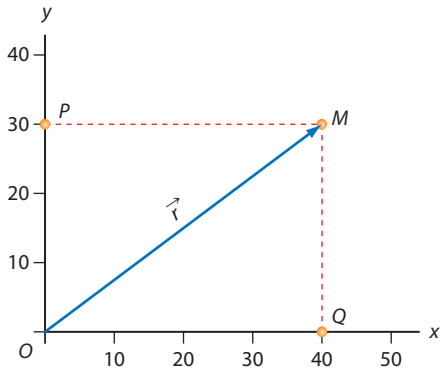


Figura 2.8
Descripción de la posición de una partícula *M* por medio de un sistema de coordenadas cartesianas o coordenadas rectangulares.

La posición de una partícula *M* situada en el plano (Fig. 2.8), está determinada por dos magnitudes: **la abscisa o distancia *OQ*** medida entre el origen y la intersección en *Q* de una línea que pasa por *M*, **y la ordenada o distancia *OP*** existente entre el origen y la intersección en *P* de una línea que pasa por ***M***.

Por tanto, la posición de la partícula es:

$$M = (x, y)$$

donde:

$$x = 40$$

$$y = 30$$

$$M = (40, 30)$$

La posición de la partícula también puede representarse por el vector $\vec{r}$ llamado **vector de posición**, cuyas magnitudes de sus componentes rectangulares son *x*, *y*. Según el cuadrante en que se encuentren las coordenadas, éstas tendrán signo positivo o negativo. Revisemos la figura 2.9:

Tomando como referencia la figura 2.9, tenemos que:

En el primer cuadrante *x*, *y* son positivas,

$$M = (2, 2).$$

En el segundo cuadrante *x* es negativa, *y* positiva,

$$P = (-2, 3).$$

En el tercer cuadrante *x*, *y* son negativas,

$$D = (-2, -1)$$

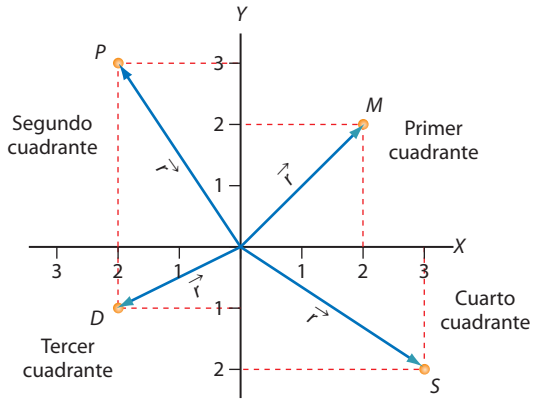


Figura 2.9
Representación de la posición de cuatro partículas (*M*, *P*, *D* y *S*), por medio de sus respectivos vectores de posición $\vec{r}$.

En el cuarto cuadrante *x* es positiva, *y* negativa,

$$S = (3, -2)$$

Coordenadas polares

Para determinar la posición de una partícula, también se utilizan las llamadas **coordenadas polares**. Consideremos la figura 2.10:

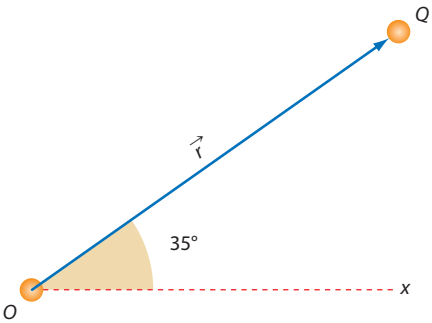


Figura 2.10
Representación de la posición de la partícula *Q* por medio de coordenadas polares.

La posición de la partícula *Q* queda determinada por la distancia de este punto al origen *O*, así como por el ángulo formado por *OQ* respecto a *Ox*, recta del plano que recibe el nombre de **eje polar**. Por tanto, para el punto *Q* las coordenadas polares son $\vec{r} = 6$ km, $\theta = 35°$. Observemos que la posición de la partícula *Q* está determinada por el vector de posición $\vec{r}$ cuya magnitud es de 6 km con un ángulo de 35° respecto al eje polar.

Aplica lo que sabes

Actividad

Lee de nuevo con atención lo referente al subtema Sistemas de referencia absoluto y relativo. Después, elabora en tu cuaderno los esquemas didácticos que consideres necesarios, en los que se visualicen los conceptos involucrados y las relaciones jerárquicas entre dichos conceptos.

Con la supervisión e instrucciones de tu profesor(a), comparte y compara tus esquemas didácticos con tus compañeros(as) del grupo. Enriquécelos o ayuda a que otros lo hagan.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: responde de manera clara y breve las siguientes preguntas.

1. Una persona recorre una distancia de 5 km, sin embargo, su desplazamiento es igual a cero. ¿Cómo puedes explicar lo que sucedió?

2. Un automóvil se desplaza por una curva y durante 90 s va a 70 km/h. ¿Qué magnitud física se mantiene constante durante ese tiempo y cuál no y por qué?

3. Un avión vuela en la misma dirección y sentido a 850 km/h durante 10 minutos. ¿Cuál es su aceleración durante ese tiempo y por qué?

4. Dibuja en el siguiente espacio la posición de una partícula Z por medio de un vector de posición cuyas magnitudes de sus componentes rectangulares son Z = (4, 3).

Coevaluación

Intercambia con un compañero(a) las respuestas que dieron. Califíquense y corrijan si es necesario. Intercambien sus saberes y fortalezcan su aprendizaje. En caso de duda, consulten a su profesor(a).

2.2 Movimiento en una dimensión

Cuando un móvil sigue una **trayectoria recta en la cual realiza desplazamientos iguales en tiempos iguales** se dice que efectúa un **movimiento rectilíneo uniforme** (**MRU**) (Fig. 2.11). Supongamos que en 1 segundo un móvil se desplaza 2 metros; al transcurrir 2 segundos, se habrá desplazado 4 metros; al transcurrir 3 segundos, se habrá desplazado 6 metros, y así sucesivamente; en este caso observaremos que la velocidad permanece constante, ya que por cada incremento en el tiempo de 1 segundo, tendrá un incremento de 2 metros en su desplazamiento. **Para representar algún cambio en una variable se utiliza la legra griega Δ (delta)**, por tanto, podemos escribir la fórmula de la velocidad en función de los cambios en su desplazamiento respecto al cambio en el tiempo de la siguiente forma:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}$$

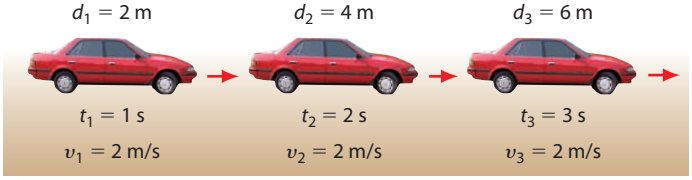


Figura 2.11
Todo objeto que describe una trayectoria recta, en la cual realiza desplazamientos iguales en tiempos iguales, efectúa un movimiento rectilíneo uniforme. Por tanto, la velocidad permanece constante.

Siempre que se trate del movimiento de un móvil en línea recta, recorriendo desplazamientos iguales en tiempos iguales, la relación:

$$\frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

será un valor constante.

Donde: $\frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = k =$ constante

Resolución de un problema de MRU

En el movimiento de un cuerpo se obtuvieron los siguientes datos (cuadro 2.1):

Cuadro 2.1 Datos del movimiento de un cuerpo

Número de intervalo	t_1 (s)	d_1 (m)	t_2 (s)	d_2 (m)	Δt (s)	Δd (m)	$\Delta d/\Delta t$ (m/s)
1	0	0	1	2	1	2	2
2	1	2	2	4	1	2	2
3	2	4	3	6	1	2	2
4	3	6	4	8	1	2	2
5	4	8	5	10	1	2	2
6	5	10	6	12	1	2	2

Si graficamos los datos de la magnitud del desplazamiento en función del tiempo que utilizó el objeto para realizarlo, tendremos la figura 2.12.

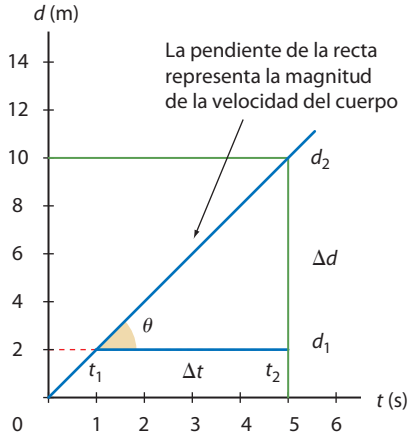


Figura 2.12
Gráfica de la magnitud de los desplazamientos realizados por un móvil en un determinado tiempo.

Como se observa, al graficar las diferentes magnitudes del desplazamiento en función del tiempo y al unir los puntos se obtuvo una línea recta. La pendiente de la recta representa la magnitud de la velocidad e indica que ésta permanece constante, ya que sólo para una línea recta las variaciones iguales a lo largo de un eje corresponden a variaciones iguales sobre el otro eje. Por tanto, existe una **relación de proporcionalidad directa** entre la variable magnitud del desplazamiento del cuerpo y la variable tiempo.

También podemos decir que la pendiente de la recta obtenida de la gráfica magnitud del desplazamiento-tiempo es la constante de proporcionalidad entre las dos variables y representa **la magnitud de la velocidad. Cuanto mayor es la pendiente de la recta, mayor será la magnitud de la velocidad del móvil.**

Para calcular la magnitud de la velocidad basta determinar la tangente de la recta, es decir, el valor de su pendiente en cualquier punto de ella. Por tanto, se dibuja un triángulo rectángulo entre dos puntos cualesquiera de la recta, misma que equivaldría a la **hipotenusa**. De acuerdo con el triángulo rectángulo que trazamos en nuestra gráfica, su tangente es igual a:

$$\tan\theta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} = v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

donde θ = ángulo que forma la línea recta y el eje del tiempo

$$v = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{10\,\text{m} - 2\,\text{m}}{5\,\text{s} - 1\,\text{s}} = \frac{8\,\text{m}}{4\,\text{s}} = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En conclusión, siempre que grafiquemos los datos de la magnitud del desplazamiento de un móvil en función del tiempo que tarda en realizarlo, **la pendiente de la recta o de la curva obtenida representará la magnitud de la velocidad del móvil**.

Con los mismos datos del cuadro 2.1 graficaremos la magnitud de la velocidad (relación $\Delta d/\Delta t$) en función del tiempo (véase Fig. 2.13).

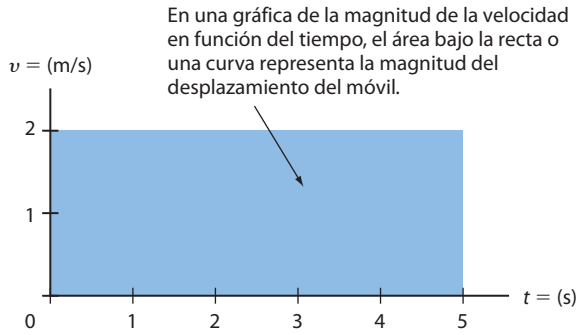


Figura 2.13
Gráfica de la magnitud de la velocidad de un móvil en función del tiempo transcurrido.

Cuando se grafican la magnitud de la velocidad y el tiempo, y permanece constante la magnitud de la velocidad, se obtiene una línea recta paralela al eje *t*. Para cualquier tiempo, el área del rectángulo representa el producto $v\Delta t$ equivalente a la magnitud del desplazamiento realizado por el móvil, pues $\Delta d = v\Delta t$.

Por tanto, la magnitud del desplazamiento a un tiempo de 5 segundos con una velocidad cuya magnitud es de 2 m/s será de 10 metros.

Velocidad media

La mayor parte de los movimientos que realizan los cuerpos no son uniformes, es decir, sus desplazamientos generalmente **no son proporcionales al cambio de tiempo** y debido a ello es necesario considerar el concepto de **velocidad media**; por ejemplo, cuando se dice que de la ciudad de México a la de Puebla se hace en autobús una hora treinta minutos, al recorrer la distancia de 128 km que las separa, podemos calcular la magnitud de la velocidad media durante el viaje:

$$v_m = \frac{d}{t} = \frac{128\,\text{km}}{1.5\,\text{h}} = 85.3\,\text{km/h}$$

Evidentemente, la magnitud de la velocidad del autobús durante el viaje no puede ser constante, pues en las partes rectas la magnitud de su velocidad será mayor que en las curvas (Fig. 2.14). Por tanto, la magnitud de una **velocidad media representa la relación entre la magnitud del desplazamiento total hecho por un móvil y el tiempo en efectuarlo**.

Cuando un móvil experimenta dos o más magnitudes de velocidades distintas durante su movimiento se puede obtener la magnitud



Figura 2.14
La magnitud de la velocidad de un vehículo es mayor en las rectas que en las curvas.

de la **velocidad promedio** si sumamos las magnitudes de las velocidades y las dividimos entre el número de las magnitudes de las velocidades sumadas.

Ejemplos

Velocidad media

1. Calcular la velocidad promedio de un ciclista si partió al sur con una velocidad inicial de 3 m/s y su velocidad final fue de 3.6 m/s:

Datos

$v_0 = 3$ m/s

$v_f = 3.6$ m/s

$\boldsymbol{v_m} = \boldsymbol{?}$

Fórmula

$$v_m = \frac{v_0 + v_f}{2}$$

Sustitución y resultado

$$v_m = \frac{3\text{ m/s} + 3.6\text{ m/s}}{2} = \mathbf{3.3\ m/s}$$

$\boldsymbol{v_m} = 3.3$ m/s al sur

2. Encuentra la velocidad media o promedio de un automóvil que durante su recorrido hacia el norte tuvo las siguientes magnitudes de velocidades:

$v_1 = 18.5$ m/s, $v_2 = 22$ m/s

$v_3 = 20.3$ m/s, $v_4 = 21.5$ m/s

Solución

Datos

$v_1 = 18.5$ m/s,

$v_2 = 22$ m/s

$v_3 = 20.3$ m/s

$v_4 = 21.5$ m/s

$\boldsymbol{v_m} = \boldsymbol{?}$

Fórmula

$$\therefore v_m = \frac{\Sigma v}{4}$$

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = \Sigma v$$

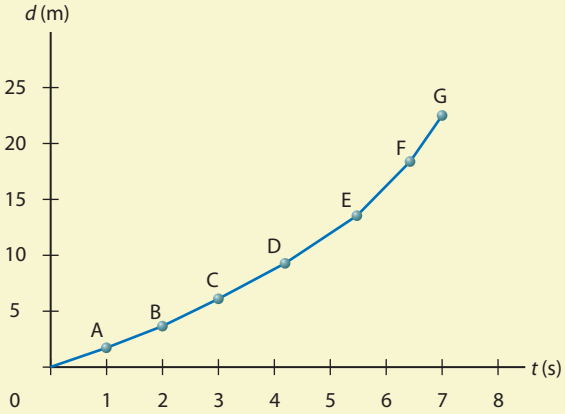
Sustitución y resultado

$$\Sigma v = 18.5\text{ m/s} + 22\text{ m/s} + 20.3\text{ m/s} + 21.5\text{ m/s} = 82.3\text{ m/s}$$

$$v_m = \frac{82.3\text{ m/s}}{4} = \mathbf{20.57\ m/s}$$

$\vec{v}_m = 20.57$ m/s al norte

3. Con los datos de la magnitud del desplazamiento de un automóvil en función del tiempo se obtuvo la siguiente gráfica:

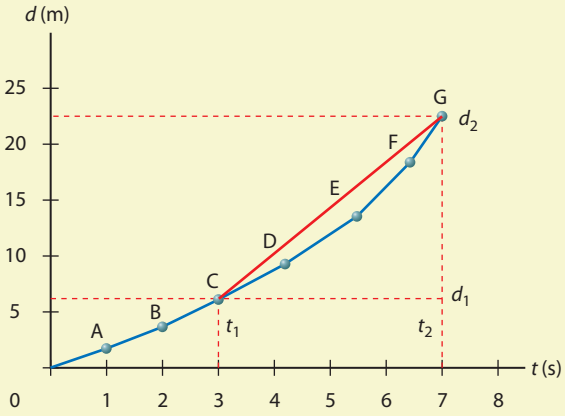


Calcular

a) La magnitud de la velocidad media del automóvil durante el intervalo de $t_1 = 3$ s a $t_2 = 7$ s.

Solución

Para encontrar la magnitud de la velocidad media calcularemos la pendiente de una recta hipotética trazada desde C hasta G como se muestra en la gráfica siguiente:



Donde la pendiente que representa la magnitud de la velocidad media del automóvil es igual a:

$$v_m = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{22\text{ m} - 6\text{ m}}{7\text{ s} - 3\text{ s}}$$

$$= \frac{16\text{ m}}{4\text{ s}} = \mathbf{4\ m/s}$$

Este resultado indica que durante el intervalo de 4 segundos, desde 3 a 7 segundos, la magnitud de la velocidad media del automóvil fue de 4 m/s.

4. Determinar el tiempo en que un niño recorre una distancia de 50 m si lleva una velocidad media de 2 m/s al norte.

Solución

Datos

$d = 50\text{ m}$

$v_m = 2\text{ m/s}$

$\boldsymbol{t = ?}$

Fórmula

$$v_m = \frac{d}{t} \quad \therefore \quad t = \frac{d}{v_m}$$

Sustitución y resultado

$$t = \frac{50\text{ m}}{2\text{ m/s}} = \mathbf{25\ s}$$

5. Calcular la distancia en metros que recorrerá un trailer durante 15 segundos si lleva una velocidad media de 70 km/h al sur.

Solución

Datos

$v_m = 70\text{ km/h}$

$t = 15\text{ s}$

$\boldsymbol{d = ?}$

Fórmula

$$v_m = \frac{d}{t} \quad \therefore \quad d = v_m t$$

Transformación de unidades

$$70\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 19.44\text{ m/s}$$

Sustitución y resultado

$$d = 19.44\text{ m/s} \times 15\text{ s} = \mathbf{291.6\ m}$$

Ejercicios

1. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad promedio de un trailer que recorre una distancia de 120 km en 1.6 h?

2. Determina la magnitud de la velocidad promedio de una motocicleta que lleva una velocidad inicial cuya magnitud es de 3 m/s y su velocidad final es de una magnitud de 4.2 m/s.

3. Encuentra el desplazamiento en metros que realizará un camión de carga durante 7 segundos, si lleva una velocidad media de 30 km/h al norte.

4. Calcula el tiempo en horas en que un autobús efectúa un desplazamiento de 3 km si lleva una velocidad media de 50 km/h al sur.

Velocidad instantánea

La velocidad media se aproxima a una **velocidad instantánea**, cuando en el movimiento de un cuerpo los intervalos de tiempo considerados son cada vez más pequeños. **Si el intervalo de tiempo es tan pequeño que casi tiende a cero, la velocidad del cuerpo será instantánea**. Matemáticamente podemos decir que **la velocidad instantánea en un punto es el límite de la velocidad media alrededor del punto cuando el intervalo de tiempo (Δt) es tan pequeño que tiende a cero ($\Delta t \to 0$)** y se representa de la siguiente manera:

$$\vec{v}_{\text{inst}} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

Cuando la velocidad de un móvil permanece constante, la velocidad media y la velocidad instantánea son iguales (Fig. 2.15).

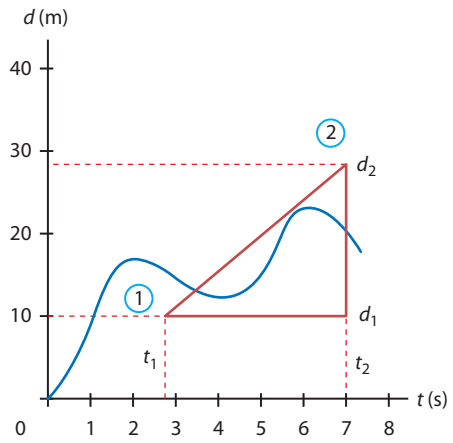


Figura 2.15
La velocidad media y la instantánea son iguales cuando la velocidad de un móvil permanece constante.

Sin embargo, como es muy común que la velocidad de un móvil varíe constantemente, para conocer cuál es su velocidad en un momento dado, debemos calcular su velocidad instantánea.

Resolución de un problema de velocidad instantánea

Con los datos de la magnitud del desplazamiento de un móvil en función del tiempo, se construyó la siguiente gráfica y se determinó la magnitud de la velocidad instantánea a los 6 segundos:



Para calcular la magnitud de la velocidad instantánea en cualquier momento, se traza una tangente a la curva en el punto considerado; tomando dos puntos de la tangente se determina la pendiente, es decir, la magnitud de la velocidad instantánea. En nuestro caso el instante considerado es a los 6 segundos. Al trazar la tangente a la curva, tomamos los puntos 1 y 2 cuya pendiente tiene el siguiente valor:

$$v_{inst} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{28\text{ m} - 10\text{ m}}{7\text{ s} - 2.7\text{ s}}$$

$$= \frac{18\text{ m}}{4.3\text{ s}} = \mathbf{4.18\,\frac{m}{s}}$$

Este resultado indica que a los 6 segundos, la magnitud de la velocidad instantánea del móvil es de 4.18 m/s.

Interpretación de gráficas de magnitud del desplazamiento-tiempo y magnitud de la velocidad-tiempo

Para interpretar correctamente el movimiento de un objeto mediante el empleo de gráficas de magnitud del desplazamiento-tiempo y magnitud de la velocidad-tiempo, debemos considerar lo siguiente:

1. La magnitud del desplazamiento puede ser positiva o negativa: si d_2 es mayor que d_1 la magnitud del desplazamiento es positiva, y si d_2 es menor que d_1, la magnitud del desplazamiento es negativa.

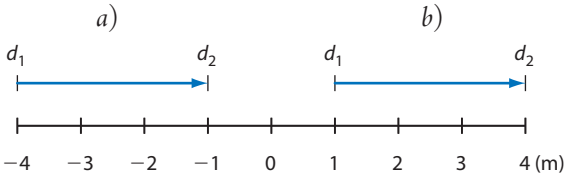
Ejemplo de magnitudes de desplazamientos positivos:

a) $\Delta d = d_2 - d_1 = -1\text{ m} - (-4\text{ m})$

$\Delta d = 3\text{ m}$

b) $\Delta d = d_2 - d_1 = 4\text{ m} - 1\text{ m}$

$\Delta d = 3\text{ m}$



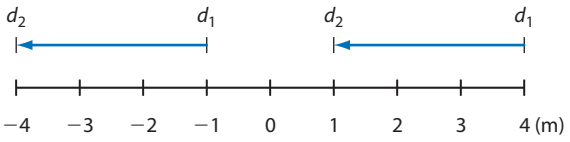
Ejemplo de magnitudes de desplazamientos negativos:

a) $\Delta d = d_2 - d_1 = -4\text{ m} - (-1\text{ m})$

$\Delta d = -3\text{ m}$

b) $\Delta d = d_2 - d_1 = 1\text{ m} - 4\text{ m}$

$\Delta d = -3\text{ m}$



2. El desplazamiento de un móvil no representa su distancia recorrida, sino su cambio de posición desde el punto de origen al punto final. Por ejemplo, si decimos que un móvil tiene un desplazamiento igual a cero en un intervalo de 20 segundos, puede significar que no se ha movido, o que se movió de un punto inicial y regresó al mismo, con lo cual, aunque recorrió una distancia, su desplazamiento fue cero.

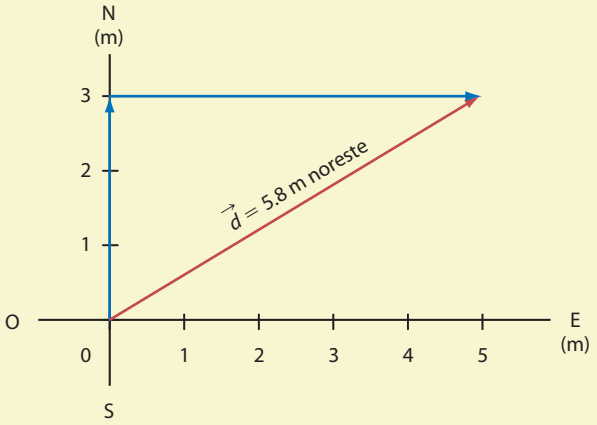
3. La velocidad será positiva o negativa de acuerdo con el signo que tenga el desplazamiento.

Ejemplos

Desplazamiento de un móvil

1. Una persona caminó 3 m al norte y después recorrió 5 m al este. ¿Cuál fue su desplazamiento?

Solución



Como se observa en la gráfica, su desplazamiento es de 5.8 m en dirección noreste; no obstante, la distancia que recorrió fue de 8 m.

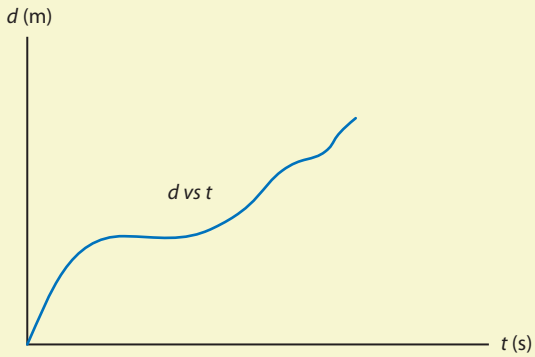
2. Un automóvil partió hacia el norte recorriendo 3 km y después recorrió otros 3 km al sur. ¿Cuál fue su desplazamiento?

Solución

Resulta evidente que, aunque recorrió 6 km en total, su desplazamiento es cero, pues regresó al mismo punto de partida.

Magnitud del desplazamiento-tiempo y magnitud de la velocidad-tiempo

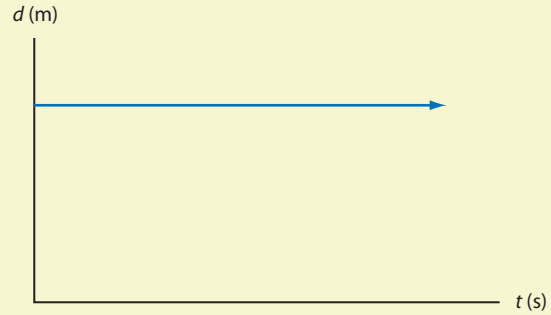
1. ¿Qué representa desde el punto de vista de la física la curva obtenida en la gráfica siguiente al unir los puntos de la magnitud del desplazamiento de un móvil contra el tiempo?



Solución

La gráfica de la magnitud del desplazamiento contra tiempo (magnitud del desplazamiento *versus* tiempo), o *d vs t* representa una velocidad cuya magnitud es variable.

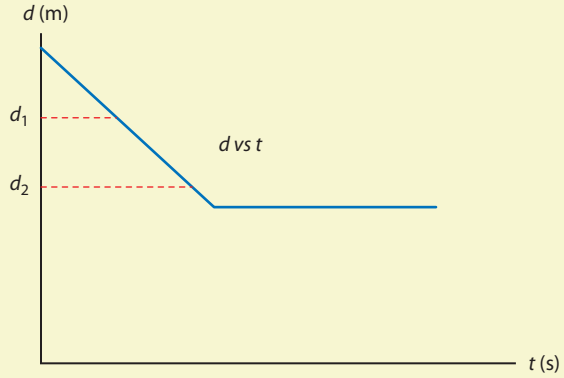
2. Explicar cómo se interpreta la siguiente gráfica de *d vs t*.



Solución

El resultado obtenido al unir los puntos de la gráfica *d vs t* indica que al transcurrir el tiempo la magnitud del desplazamiento era el mismo, es decir, el móvil no se movió y, por tanto, su velocidad es cero porque también es cero el valor de la pendiente de la recta.

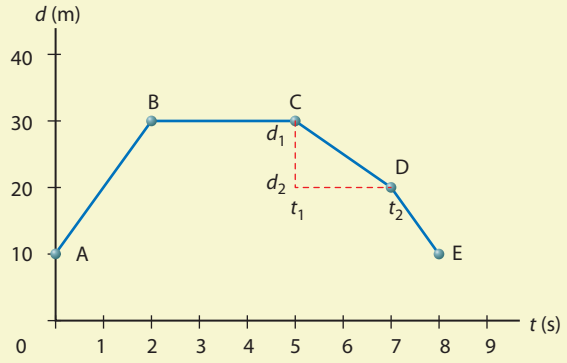
3. Interpretar el movimiento de un móvil que al graficar los datos de la magnitud de su desplazamiento en función del tiempo nos da la siguiente gráfica:



Solución

Como se observa, a medida que transcurre el tiempo la magnitud de su desplazamiento disminuye, lo cual indica que su posición original ha invertido el sentido de su recorrido, por tanto, su desplazamiento es negativo pues d_2 es menor que d_1. En consecuencia, la velocidad también será negativa, porque el desplazamiento lo es. Finalmente, el móvil detiene su movimiento totalmente, porque la magnitud del desplazamiento es el mismo al transcurrir el tiempo.

4. Con los datos de la magnitud del desplazamiento de un móvil en función del tiempo, se obtuvo la siguiente gráfica:



a) ¿Qué posición tenía el móvil antes de iniciar su movimiento?

b) ¿Cómo se comporta la magnitud de la velocidad del móvil durante los primeros 2 segundos y cuál es su magnitud?

c) ¿Qué magnitud tiene la velocidad durante el intervalo de tiempo entre los puntos B y C?

d) ¿Cuál fue la posición más alejada del móvil?

e) ¿En qué instante invirtió el sentido de su recorrido?

f) ¿Cuál es la magnitud de la velocidad del móvil del punto C al D?

g) ¿Regresó al punto de partida?

Soluciones

a) La posición del móvil era de 10 m antes de iniciar su movimiento.

b) La magnitud de la velocidad del móvil permanece constante y es igual a:

$$v = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{30\,\text{m} - 10\,\text{m}}{2\,\text{s} - 0} = \frac{20\,\text{m}}{2\,\text{s}} = \mathbf{10\,m/s}$$

c) Entre los puntos B y C el móvil permanece detenido, pues no se mueve durante el intervalo de tiempo que va de los 2 a los 5 segundos, conservando su posición de 30 m. Por tanto, la velocidad es **cero**.

d) La posición más alejada del móvil fue de **30 m**.

e) El sentido de su recorrido lo invirtió a los **5 segundos y a los 30 m en el punto C**.

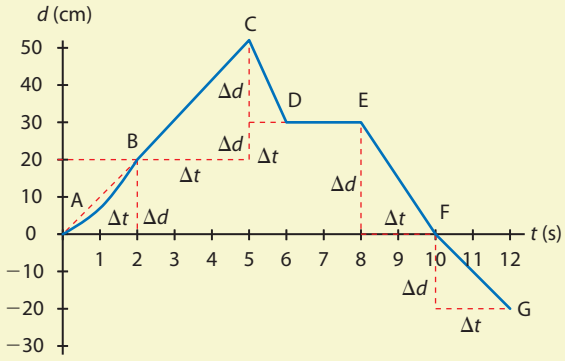
f) La magnitud de la velocidad del móvil se calcula con la pendiente de la recta que va de C a D, trazada en la gráfica:

$$v_{C-D} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{20\,\text{m} - 30\,\text{m}}{7\,\text{s} - 5\,\text{s}} = \frac{-10\,\text{m}}{2\,\text{s}} = \mathbf{-5\,m/s}$$

La magnitud de la velocidad tiene signo negativo, ya que el desplazamiento es negativo; esto se observa en virtud de que el móvil invirtió su recorrido y, por tanto, d_2 es menor que d_1.

g) El móvil **regresó a su punto de partida**, porque a los 8 segundos, instante en que terminó su recorrido, se encuentra de nuevo en la posición de 10 m, misma que tenía al iniciar su movimiento.

5. Con los datos de la magnitud del desplazamiento de un móvil en función del tiempo, se obtuvo la siguiente gráfica.



a) ¿Qué posición tenía el móvil antes de iniciar su movimiento?

b) ¿Cómo se comportó la magnitud de la velocidad en el intervalo de tiempo de 0 a 2 segundos? ¿Cuál es la magnitud de la velocidad media durante este intervalo de tiempo?

c) ¿Cómo es la magnitud de la velocidad en el intervalo de tiempo de 2 a 5 segundos y cuál es su magnitud?

d) ¿En qué instante invirtió el sentido de su recorrido?

e) ¿Cuál es la magnitud de la velocidad del punto C al D?

f) ¿Cuál es la magnitud de la velocidad del punto D al E?

g) ¿En qué instante pasó por el mismo punto de donde partió al iniciar su movimiento?

h) ¿Cuál fue la magnitud de su máximo desplazamiento y en qué instante?

i) ¿Cuál es la magnitud de la velocidad del punto E al F y la de F a G?

j) ¿Cuál fue su posición final y a qué tiempo?

k) Determina la magnitud de la velocidad del móvil en cada segundo de su recorrido y, con los datos de la magnitud de la velocidad en función del tiempo, construye la gráfica magnitud de velocidad-tiempo e interprétala.

l) Determina la magnitud del desplazamiento total del móvil, calculando las áreas obtenidas de la gráfica magnitud de la velocidad-tiempo.

Sugerencia: Antes de ver las respuestas trata de contestar las preguntas para verificar si ya aprendiste a interpretar las gráficas de magnitud del desplazamiento-tiempo.

Soluciones

a) La posición del móvil antes de iniciar su movimiento se encuentra en el origen, es decir, desplazamiento cero a un tiempo cero.

b) La magnitud de la velocidad **fue aumentando** en el intervalo de 0 a 2 segundos. Como la magnitud fue variando, determinamos la magnitud de la velocidad media, para ello, trazamos una recta hipotética (recta punteada) de A a B como se muestra en la gráfica y determinamos el valor de su pendiente:

$$v_m = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{20\text{ cm} - 0}{2\text{ s} - 0}$$

$$= \frac{20\text{ cm}}{2\text{ s}} = \mathbf{10\ \frac{cm}{s}}$$

c) En el intervalo de tiempo de 2 a 5 segundos la magnitud de la velocidad **permanece constante**, ya que la línea de B a C es recta. El valor de la pendiente, es decir, la magnitud de la velocidad, es:

$$v_{B-C} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{50\text{ cm} - 20\text{ cm}}{5\text{ s} - 2\text{ s}}$$

$$= \frac{30\text{ cm}}{3\text{ s}} = \mathbf{10\ \frac{cm}{s}}$$

d) Invirtió el sentido de su recorrido **a los 5 segundos**, pues de un desplazamiento con una magnitud de 50 cm pasó a uno de 30 cm a los 6 segundos regresándose 20 cm durante ese intervalo de tiempo.

e) La magnitud de la velocidad del punto C al D, calculada con la pendiente de la recta, es igual a:

$$v_{C-D} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{30\text{ cm} - 50\text{ cm}}{6\text{ s} - 5\text{ s}}$$

$$= \frac{-20\text{ cm}}{1\text{ s}} = \mathbf{-20\ \frac{cm}{s}}$$

La magnitud de la velocidad es negativa porque la magnitud del desplazamiento es negativa: d_2 es menor que d_1.

f) La magnitud de la velocidad del punto D al E es igual a cero, pues la pendiente de la recta también es cero por no producirse ningún desplazamiento durante el intervalo de 6 a 8 segundos.

g) El instante en que el móvil pasa por el origen, o el punto donde inició su movimiento, es **a los 10 segundos (punto F)**.

h) El máximo desplazamiento que tuvo fue de una magnitud de **50 cm** a los 5 segundos.

i) La magnitud de la velocidad del punto E al F es de:

$$v_{E-F} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 30\text{ cm}}{10\text{ s} - 8\text{ s}}$$

$$= \frac{-30\text{ cm}}{2\text{ s}} = \mathbf{-15\ \frac{cm}{s}}$$

y de F a G es:

$$v_{F-G} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{-20\text{ cm} - 0}{12\text{ s} - 10\text{ s}}$$

$$= \frac{-20\text{ cm}}{20\text{ s}} = \mathbf{-10\ \frac{cm}{s}}$$

Son magnitudes de velocidades negativas porque la magnitud del desplazamiento es negativa (d_2 es menor que d_1).

j) La posición final es con un desplazamiento cuya magnitud es de **−20 cm a los 12 segundos**.

k) Las magnitudes de las velocidades del móvil durante cada segundo de su recorrido las podemos determinar fácilmente:

v al 1er segundo:	**10 cm/s**	magnitud de la velocidad media de 0 a 2 s
v al 2º segundo:	**10 cm/s**	
v al 3er segundo:	**10 cm/s**	magnitud de la velocidad constante del 2º al 5º s
v al 4º segundo:	**10 cm/s**	
v al 5º segundo:	**10 cm/s**	
v al 6º segundo:	**−20 cm/s**	magnitud de la velocidad de C a D
v al 7º segundo:	**0**	
v al 8º segundo:	**0**	
v al 9º segundo:	**−15 cm/s**	velocidad constante del
v al 10º segundo:	**−15 cm/s**	8º al 10º s.
v al 11º segundo:	**−10 cm/s**	velocidad constante
v al 12º segundo:	**−10 cm/s**	del 10º al 12º s

6. Finalmente, puesto que en una gráfica de magnitud de velocidad-tiempo el área bajo la curva representa la magnitud del desplazamiento de un móvil, en la gráfica de la figura 2.16, podemos determinar la magnitud del desplazamiento total del móvil, sumando algebraicamente los desplazamientos positivos y los desplazamientos negativos.

Determinación de la magnitud del desplazamiento positivo:

$$A_1 = vt = 10\,\text{cm/s} \times 5\,\text{s} = \mathbf{50\,cm}$$

Determinación de la magnitud del desplazamiento negativo:

$A_2 + A_3 + A_4$:

$A_2 = vt = -20\,\text{cm/s} \times 1\,\text{s} = \mathbf{-20\,cm}$

$A_3 = vt = -15\,\text{cm/s} \times 2\,\text{s} = \mathbf{-30\,cm}$

$A_4 = vt = -10\,\text{cm/s} \times 2\,\text{s} = \mathbf{-20\,cm}$

$A_2 + A_3 + A_4 = -20 + (-30\,\text{cm}) + (-20\,\text{cm})$

Magnitud del desplazamiento negativo $= \mathbf{-70\,cm}$

Magnitud del desplazamiento total = Magnitud del desplazamiento positivo + Magnitud del desplazamiento negativo:

$$d_t = 50\,\text{cm} + (-70\,\text{cm}) = \mathbf{-20\,cm}$$

Este resultado significa que finalmente el móvil quedó a 20 cm del punto de donde partió y con un sentido contrario al inicio de su desplazamiento.

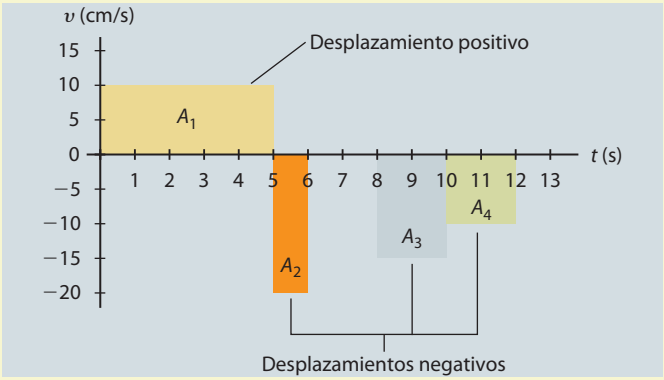


Figura 2.16
Gráfica de la magnitud de la velocidad de un móvil en función del tiempo.

Interpretación de la gráfica

En la gráfica magnitud de velocidad-tiempo vemos que hasta el quinto segundo la magnitud de la velocidad media del móvil es de 10 cm/s, después su velocidad es cero y cambia de sentido. Del quinto al sexto segundo alcanza su máxima magnitud de velocidad −20 cm/s (el signo menos indica un desplazamiento negativo). En el séptimo y octavo segundos su velocidad es cero, por tanto, el móvil permanece en reposo. En el noveno y décimo segundos la magnitud de su velocidad media es de −15 cm/s para, finalmente, disminuirla a −10 cm/s del décimo al doceavo segundos.

En general, en una gráfica magnitud de velocidad-tiempo las velocidades arriba del eje *t* (tiempo) tienen magnitudes positivas y abajo del eje *t* negativas; esto significa que si la velocidad es positiva el desplazamiento también lo es, y viceversa.

Actividad experimental 4

Movimiento rectilíneo uniforme

Objetivo

- Demostrar que cuando el movimiento de un móvil se da en línea recta, y además recorre desplazamientos iguales en tiempos iguales, la relación $\frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$ tiene un valor constante.

Consideraciones teóricas:

La cinemática estudia los diferentes tipos de movimiento de los objetos sin atender las causas que los producen. Un cuerpo tiene movimiento cuando cambia su posición a medida que transcurre el tiempo. Para poder expresar de manera correcta un movimiento o cambio de posición, debemos referirlo a un marco o sistema de referencia claramente establecido. Resulta práctico utilizar sistemas de referencia absolutos, es decir, aquellos que consideran un sistema fijo de referencia. Existe diferencia entre la distancia recorrida por un móvil y su desplazamiento; la distancia es una magnitud escalar, ésta sólo nos señala la magnitud de la longitud recorrida por un móvil durante su trayectoria. El desplazamiento de un móvil es una magnitud vectorial correspondiente a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos. La velocidad se define como el desplazamiento realizado por un móvil dividido entre el tiempo que tarda en efectuarlo: $\vec{v} = \frac{\vec{d}}{t}$. Cuando un móvil sigue una trayectoria recta, en la cual realiza desplazamientos iguales en tiempos iguales, efectúa un movimiento rectilíneo uniforme:

$$\frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = k.$$

Material

- Una regla graduada
- Masking tape delgado
- Un cronómetro
- Un tubo de vidrio de 1.5 m de largo y de 1 o 1.5 cm de diámetro
- Dos tapones para el tubo de vidrio
- Un soporte de 8 a 12 cm de alto
- Agua

Procedimiento

1. Haz un "tubo de burbuja" como el que usan los trabajadores de la construcción, pero más grande. Para ello, a un tubo de vidrio de 1.5 m de longitud, diámetro de 1 o 1.5 cm y cerrado con un tapón por uno de sus extremos, agrégale agua hasta casi llenarlo, sólo deja un pequeño espacio para formar una burbuja de aire. Con un

tapón, cierra totalmente este extremo a fin de evitar la salida del agua (véase Fig. 2.17).

2. Marca con pequeños trozos de masking tape el tubo de burbuja, señalando distancias cada 15 cm, desde uno de sus extremos.
3. Selecciona un punto de apoyo para uno de los extremos del tubo de burbuja, cuya altura sea de 8 a 12 cm. El otro extremo estará apoyado sobre la mesa.

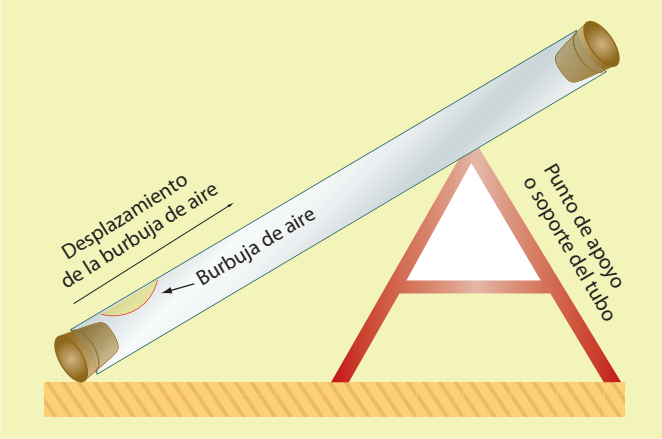


Figura 2.17
Tubo de burbuja para estudiar el movimiento rectilíneo uniforme.

4. Inclina el extremo del tubo de burbuja apoyándolo en el punto o soporte seleccionado. Observa cómo la burbuja comienza a desplazarse. Con el cronómetro en mano, registra el tiempo utilizado por la burbuja para recorrer cada distancia marcada en el tubo. Repite un mínimo de tres veces tus lecturas y con el promedio llena el cuadro de datos 2.2.

Cuadro 2.2 Datos experimentales de la magnitud del desplazamiento de una burbuja de aire con respecto al tiempo

Número de suceso	Tiempo (t) (s)	Magnitud del desplazamiento (d) (cm)	Cociente d/t (cm/s)
1		15	
2		30	
3		45	
4		60	
5		75	
6		90	
7		105	
8		120	
9		135	
10		150	

Cuestionario

1. ¿La burbuja recorre desplazamientos iguales en tiempos iguales? _____, ¿lo hace en línea recta? _____

   Entonces se trata de un movimiento llamado: _____

2. Siempre que se trate de un movimiento rectilíneo uniforme, el desplazamiento es directamente proporcional al tiempo recorrido. Explica esta afirmación con base en los datos obtenidos de manera experimental:

3. ¿Cómo es el cociente obtenido al dividir la magnitud del desplazamiento entre el tiempo para cada evento, constante o distinto? _____. Por tanto, para tu actividad experimental, la velocidad de la burbuja tiene una magnitud de:

4. Escribe la definición de velocidad de un móvil, su fórmula y unidades en el Sistema Internacional:

5. ¿Comprobaste que la relación $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ tiene una magnitud constante? Sí o no y por qué:

Retroalimentación de la actividad experimental 4

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto:

En la actividad experimental 4, Movimiento rectilíneo uniforme, seguramente tus respuestas a las preguntas del cuestionario fueron en los siguientes términos: Pregunta 1, respondiste que la burbuja sí recorre desplazamientos iguales en tiempos iguales, y que lo hace en línea recta, por lo que se trata de un movimiento rectilíneo uniforme. A la pregunta 2, con base en tus datos obtenidos experimentalmente comprobaste que al duplicarse el tiempo, el desplazamiento de la burbuja también se duplicaba, al triplicarse el tiempo, el desplazamiento se triplicaba, etc., por tanto, en un movimiento rectilíneo uniforme, el desplazamiento es directamente proporcional al tiempo transcurrido. A la pregunta 3 respondiste que es constante para cada evento el cociente

obtenido al dividir la magnitud del desplazamiento entre el tiempo. A la pregunta 4, respondiste así: La velocidad es una magnitud vectorial y se define como el desplazamiento realizado por un móvil, dividido entre el tiempo que tarda en efectuarlo; su fórmula o modelo matemático es: $v = \vec{d}/t$ y sus unidades de medida en el Sistema Internacional son m/s. Finalmente, a la pregunta 5, contestaste que sí se comprobó que la relación $\frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$ tiene una magnitud constante, con base en tus datos obtenidos.

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se lleva a cabo cuando la velocidad de un móvil que viaja en línea recta experimenta cambios iguales en cada unidad de tiempo. En este movimiento **la aceleración permanece constante** al transcurrir el tiempo. Por ejemplo, si un automóvil que va al este lleva una magnitud de velocidad de 2 m/s al primer segundo, una velocidad cuya magnitud es de 4 m/s al segundo segundo, y una velocidad cuya magnitud es de 6 m/s al tercer segundo (Fig. 2.18), decimos que la magnitud de su velocidad cambia 2 m/s cada segundo. De donde su aceleración es constante en los tres segundos y cuya magnitud es de 2 m/s^2.

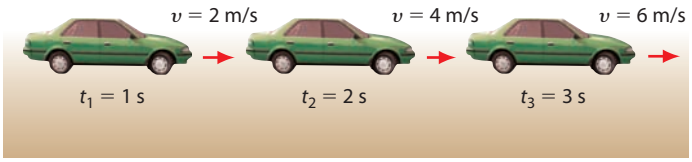


Figura 2.18
Este automóvil tiene una aceleración constante, ya que su velocidad cambia 2 m/s cada segundo y va en línea recta.

Aceleración media

De la misma manera como sucede con las velocidades de un móvil que no son constantes, sino que varían durante su movimiento, la aceleración también puede estar variando, toda vez que no siempre es constante. Por tanto, cuando un móvil varía su velocidad es conveniente determinar la magnitud de su aceleración media, conociendo su cambio en la magnitud de su velocidad y el tiempo en realizar dicho cambio:

$$a_m = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Aceleración instantánea

Cuando en el movimiento acelerado de un cuerpo, los intervalos de tiempo considerados son cada vez más pequeños, la aceleración media se aproxima a una **aceleración instantánea**.

Cuando el intervalo de tiempo es tan pequeño que tiende a cero, la magnitud de la aceleración del móvil será instantánea:

$$a_{inst} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Si la aceleración media de un móvil no permanece constante y se desea conocer la magnitud de su aceleración en un momento dado, se debe calcular la magnitud de la aceleración instantánea.

Gráficas magnitud del desplazamiento-tiempo, magnitud del desplazamiento-tiempo al cuadrado, magnitud de la velocidad-tiempo y magnitud de la aceleración-tiempo, para el MRUA

De acuerdo con lo estudiado en la parte correspondiente al movimiento rectilíneo uniforme, se concluye lo siguiente: siempre que se presente una gráfica magnitud del desplazamiento-tiempo, el valor de la pendiente de la curva representará la magnitud de la velocidad, y en una gráfica magnitud de la velocidad-tiempo, el área bajo la curva representará la magnitud del desplazamiento del móvil.

Al estudiar las gráficas para un MRUA encontraremos que en una gráfica de la magnitud del desplazamiento-tiempo al cuadrado, **la pendiente de la curva representa la mitad de la magnitud de la aceleración experimentada por un móvil durante su recorrido**. En una gráfica magnitud de la velocidad-tiempo, **la pendiente de la curva representa la magnitud de la aceleración** y, finalmente, en una gráfica magnitud de la aceleración-tiempo, **el área bajo la recta representa la magnitud de la velocidad del móvil**.

Resolución de un problema de MRUA e interpretación de gráficas

Como resultado del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado de un móvil se obtuvieron los datos del cuadro 2.3.

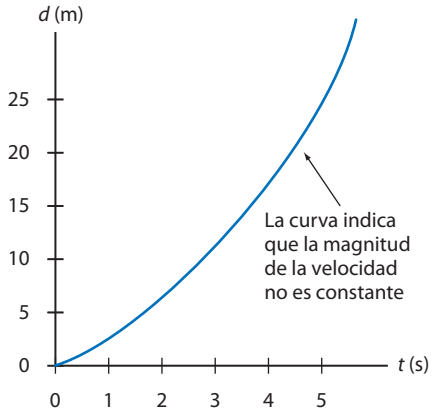
Cuadro 2.3 Datos del móvil

Tiempo (s)	Magnitud del desplazamiento (m)	Magnitud de la velocidad instantánea (m/s)
0	0	0
1	1	2
2	4	4
3	9	6
4	16	8
5	25	10

1. Graficar las magnitudes del desplazamiento en función del tiempo e interpretar la gráfica. Si al unir los puntos la línea no es recta, ¿qué sugieres hacer para que lo sea?
2. Graficar los datos de la magnitud de la velocidad instantánea en función del tiempo. ¿Qué se obtuvo al unir los puntos? ¿Cuál es el valor de la pendiente de la recta?
3. Graficar los datos de la magnitud de la aceleración en función del tiempo e interpretar el significado físico del área obtenida bajo la curva al unir los puntos.

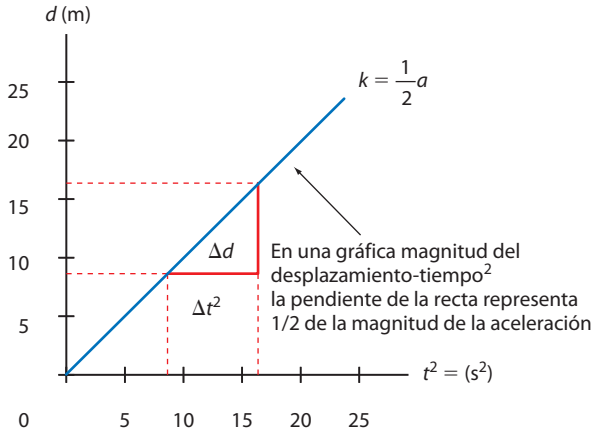
Solución

Gráfica 1



Al unir los puntos no se obtiene una línea recta, esto es evidente, pues la magnitud de la velocidad no es constante, sino que varía de manera uniforme en cada unidad de tiempo. Por tanto, la magnitud del desplazamiento no es directamente proporcional al tiempo. Si se eleva el tiempo al cuadrado y graficamos la magnitud del desplazamiento en función del tiempo al cuadrado, obtenemos la siguiente gráfica:

Gráfica 2



Al unir los puntos hemos obtenido una línea recta, la cual indica que la magnitud del desplazamiento es directamente proporcional al tiempo elevado al cuadrado:

$$d \alpha t^2 \qquad (1)$$

Si cambiamos el signo de proporcionalidad α por un signo de igual e incluimos una constante de proporcionalidad k, tendremos la expresión 1 de la siguiente manera:

$$d = kt^2 \qquad (2)$$

Despejando a k tenemos:

$$k = \frac{d}{t^2} \qquad (3)$$

Nuestra constante de proporcionalidad k tiene un valor que resulta de dividir la magnitud del desplazamiento entre su correspondiente tiempo al cuadrado. Debido a que k es constante, en todos los casos su valor será igual a la pendiente de la recta (gráfica 2).

$$k = \frac{16\,\text{m} - 9\,\text{m}}{16\,\text{s}^2 - 9\,\text{s}^2} = \frac{7\,\text{m}}{7\,\text{s}^2} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Este valor es exactamente la mitad de la magnitud de la aceleración que el móvil experimenta durante su recorrido. Por tanto, la magnitud de la aceleración será igual a:

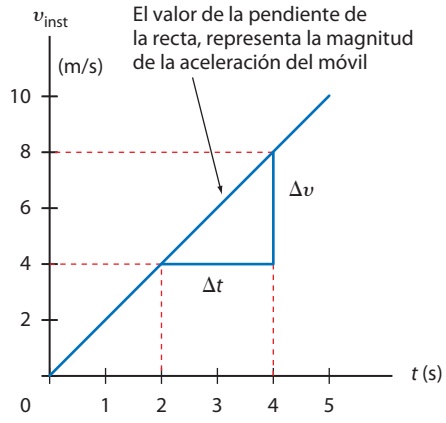
$$a = 2\,k = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La magnitud de la aceleración también se obtiene mediante la pendiente de la gráfica de la magnitud de la velocidad instantánea en función del tiempo (gráfica 3).

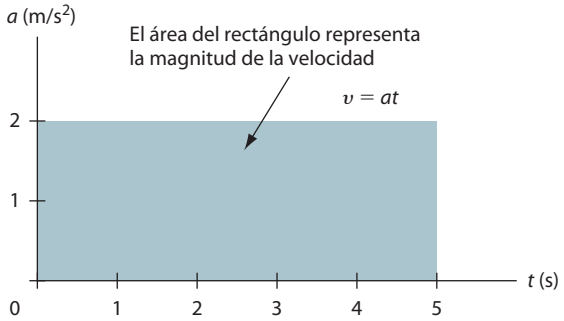
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8\frac{\text{m}}{\text{s}} - 4\frac{\text{m}}{\text{s}}}{4\,\text{s} - 2\,\text{s}}$$

$$= \frac{4\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\,\text{s}} = 2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Gráfica 3



Como la magnitud de la aceleración permanece constante, si la graficamos en función del tiempo tenemos la siguiente gráfica:



El área obtenida al unir los puntos en una gráfica de la magnitud de la aceleración en función del tiempo, representa la magnitud de la velocidad del móvil. Al multiplicar la base (o tiempo) por la altura (o magnitud de la aceleración), tenemos:

$$v = at = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5\,\text{s} = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

De donde para el quinto segundo, la magnitud de la velocidad final del móvil es de 10 m/s.

Deducción de las ecuaciones utilizadas en el MRUA

Como hemos observado en el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, la velocidad cambia constantemente de magnitud; por ello, si se desea conocer la magnitud del desplazamiento en cualquier tiempo se puede obtener si utilizamos el concepto de velocidad media que ya estudiamos:

$$v_m = \frac{v_f + v_0}{2}$$

como: $d = v_m t \qquad \therefore \qquad d = \frac{v_f + v_0}{2} t$

A partir de estas expresiones deduciremos las ecuaciones que se utilizan para calcular las magnitudes de los desplazamientos y las magnitudes de las velocidades finales cuando el movimiento tiene aceleración constante.

$$v_m = \frac{d}{t} \qquad (1)$$

$$d = v_m t \qquad (2)$$

$$v_m = \frac{v_f + v_0}{2} \qquad (3)$$

Sustituyendo 3 en 2:

$$d = \frac{v_f + v_0}{2} t \qquad (4)$$

Sabemos que:

$$v_f = v_0 + at \qquad (5)$$

Sustituyendo 5 en 4:

$$d = \frac{v_0 + at + v_0}{2} t \qquad (6)$$

$$d = \frac{2v_0 + at}{2} t \qquad (7)$$

Multiplicando por t y dividiendo entre 2:

$$d = v_0 t + \frac{at^2}{2} \qquad (8)$$

si $v_0 = 0$

$$d = \frac{at^2}{2} \qquad (9)$$

Para calcular la magnitud de las velocidades finales en un MRUA en función de la magnitud de la aceleración y la magnitud del desplazamiento, partimos de la ecuación:

$$d = \frac{v_f + v_0}{2} t \qquad (4)$$

Sabemos que:

$$a = \frac{v_f - v_0}{t} \qquad (10)$$

Multiplicando 10 por 4:

$$ad = \frac{(v_f - v_0)}{t} \boxtimes \frac{(v_f + v_0)}{2} t \qquad (11)$$

$$ad = \frac{(v_f^2 - v_0^2)}{2} \qquad (12)$$

Despejando la magnitud de la velocidad final:

$$v_f^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (13)$$

si $v_0 = 0$

$$v_f^2 = 2ad \qquad (14)$$

De la ecuación 12 podemos despejar la magnitud del desplazamiento:

$$d = \frac{(v_f^2 - v_0^2)}{2a} \qquad (15)$$

si $v_0 = 0$

$$d = \frac{v_f^2}{2a} \qquad (16)$$

En conclusión, para calcular las magnitudes de los desplazamientos y las velocidades finales en MRUA, tenemos varias ecuaciones que usaremos dependiendo de las situaciones en las cuales se presente el movimiento, es decir, si hay o no velocidad inicial, además de los datos conocidos. Las siguientes fórmulas resumen las ecuaciones utilizadas cuando el movimiento es uniformemente acelerado:

a) Ecuaciones para calcular las magnitudes de los desplazamientos en un movimiento uniformemente acelerado.

1. $d = v_0 t + \frac{at^2}{2}$

2. $d = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2a}$

3. $d = \frac{v_f + v_0}{2} t$

Cualquiera de estas tres ecuaciones nos proporciona el mismo resultado; por tanto, su uso sólo depende de los datos del problema, y si éstos pueden sustituirse en cualquiera de ellas se escogerá la que nos resulte más sencilla.

Cuando se desea conocer la magnitud del desplazamiento de un móvil y éste parte del reposo, la velocidad inicial vale cero y las tres ecuaciones anteriores se reducen a las siguientes expresiones:

1. $d = \frac{at^2}{2}$

2. $d = \frac{v_f^2}{2a}$

3. $d = \frac{v_f}{2} t$

b) Ecuaciones para calcular la magnitud de las velocidades finales en un movimiento uniformemente acelerado.

1. $v_f = v_0 + at$

2. $v_f^2 = v_0^2 + 2\,ad$

Igual que en el caso de los desplazamientos, para calcular la magnitud de la velocidad de un móvil cuyo movimiento es uniformemente acelerado tenemos la opción de emplear cualquiera de las dos ecuaciones, dependiendo de los datos o de la que nos resulte más sencilla.

Cuando se desea conocer la magnitud de la velocidad final que alcanzará un móvil cuando parte del reposo, tendremos que en esa circunstancia la velocidad inicial es cero y las dos ecuaciones anteriores se reducen a las siguientes expresiones:

1. $v_f = at$

2. $v_f^2 = 2\,ad$

Ejemplos

MRUA

1. Un automóvil parte del reposo y experimenta una aceleración cuya magnitud es de 1.5 m/s^2. ¿Qué distancia habrá recorrido después de 2 segundos?

Solución

Datos

$v_0 = 0$

$a = 1.5\ \text{m/s}^2$

$t = 2\ \text{s}$

$d = ?$

Fórmula

$d = \frac{at^2}{2}$

Sustitución y resultado

$$d = \frac{1.5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\,(2\ \text{s})^2}{2} = \mathbf{3\ m}$$

2. Un avión vuela en la misma dirección y sentido a 860 km/h durante un tiempo de 20 minutos. ¿Cuál es su aceleración durante ese intervalo de tiempo y por qué?

Solución

La aceleración es igual a cero, ya que no hay un cambio en la velocidad.

3. Una lancha de motor parte del reposo hacia el sur. Al primer segundo su velocidad es de 1.0 m/s al sur, al segundo segundo su velocidad es de 2.0 m/s, al tercer segundo su velocidad es de 3.0 m/s, al cuarto segundo su velocidad es de 4.0 m/s, al quinto segundo su velocidad es de 5.0 m/s y al sexto segundo su velocidad es de 6.0 m/s.

a) ¿Cuál es la magnitud de su cambio de velocidad en los lapsos de 0 a 1 s, de 1 a 2 s, de 2 a 3 s y de 3 a 4 s?

b) ¿Cuál es la magnitud de su aceleración en los lapsos anteriores?

c) ¿Mantiene un movimiento uniformemente acelerado?

d) ¿Cuáles son las distancias recorridas por la lancha en un tiempo de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 s?

e) Con los datos obtenidos de la distancia recorrida por la lancha, construye una gráfica de distancia en función del tiempo, e interpreta el significado de la curva obtenida al unir los puntos.

f) Con los datos de la magnitud de la velocidad de la lancha para los tiempos de 1 a 6 s, construye una gráfica de mag-

nitud de la velocidad en función del tiempo, e interpreta el significado de la recta obtenida.

g) Grafica la magnitud de la aceleración de la lancha en función del tiempo transcurrido e interpreta el significado del área obtenida, como resultado de unir los puntos.

Solución

a) Cambio de la magnitud de la velocidad en el lapso de 0 a 1 s:

$$\Delta v = v_f - v_0 = 1\,\text{m/s} - 0 = \mathbf{1\,m/s}$$

Cambio de la magnitud de la velocidad en el lapso de 1 a 2 s:

$$\Delta v = v_f - v_0 = 2\,\text{m/s} - 1\,\text{m/s} = \mathbf{1\,m/s}$$

Cambio de la magnitud de la velocidad en el lapso de 2 a 3 s:

$$\Delta v = v_f - v_0 = 3\,\text{m/s} - 2\,\text{m/s} = \mathbf{1\,m/s}$$

Cambio de la magnitud de la velocidad en el lapso de 3 a 4 s:

$$\Delta v = v_f - v_0 = 4\,\text{m/s} - 3\,\text{m/s} = \mathbf{1\,m/s}$$

b) Magnitud de la aceleración de 0 a 1 s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_2 - t_1} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}} - 0}{1\text{s} - 0} = 1\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \mathbf{1\frac{m}{s^2}}$$

Magnitud de la aceleración de 1 a 2 s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_2 - t_1} = \frac{2\frac{\text{m}}{\text{s}} - 1\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\text{s} - 1\text{s}} = 1\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \mathbf{1\frac{m}{s^2}}$$

Magnitud de la aceleración de 2 a 3 s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_2 - t_1} = \frac{3\frac{\text{m}}{\text{s}} - 2\frac{\text{m}}{\text{s}}}{3\text{s} - 2\text{s}} = 1\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \mathbf{1\frac{m}{s^2}}$$

Magnitud de la aceleración de 3 a 4 s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_2 - t_1} = \frac{4\frac{\text{m}}{\text{s}} - 3\frac{\text{m}}{\text{s}}}{4\text{s} - 3\text{s}} = 1\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \mathbf{1\frac{m}{s^2}}$$

c) El movimiento es uniformemente acelerado, toda vez que la magnitud de la aceleración permanece constante, por lo que la magnitud de la velocidad aumenta lo mismo en cada intervalo de tiempo, es decir, 1 m/s cada segundo. Magnitud de la aceleración = **1 m/s^2**.

d) Distancia recorrida en 1 s:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(1\text{s})^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\times 1\text{s}^2}{2} = \mathbf{0.5\,m}$$

Distancia recorrida en 2 s:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(2\text{s})^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\times 4\text{s}^2}{2} = \mathbf{2\,m}$$

Distancia recorrida en 3 s:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(3\text{s})^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\times 9\text{s}^2}{2} = \mathbf{4.5\,m}$$

Distancia recorrida en 4 s:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(4\text{s})^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\times 16\text{s}^2}{2} = \mathbf{8\,m}$$

Distancia recorrida en 5 s:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(5\text{s})^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\times 25\text{s}^2}{2} = \mathbf{12.5\,m}$$

Distancia recorrida en 6 s:

$$d = \frac{at^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(6\text{s})^2}{2} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\times 36\text{s}^2}{2} = \mathbf{18\,m}$$

e) Gráfica de la distancia recorrida por la lancha, en función del tiempo transcurrido y su interpretación (Fig. 2.19).

La inclinación de la recta tangente a la curva obtenida como resultado de unir los puntos al graficar los datos de la distancia en función del tiempo, para la lancha que experimenta una aceleración cuya magnitud es constante, es decir, un movimiento uniformemente acelerado, representa la magnitud de la velocidad de la lancha, misma que no es constante, sino que varía experimentando cambios iguales en un mismo lapso. La forma de la curva es la de una parábola.

Nota: Es importante reflexionar que la lancha se mueve en línea recta, por lo que su velocidad también tiene la misma dirección. La curva obtenida y que representa la magnitud de la velocidad de la lancha, nos señala que no permanece constante, ya que si ése fuera el caso, se obtendría una recta al unir los puntos.

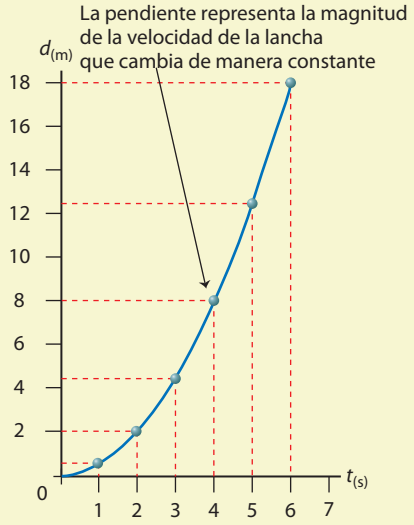


Figura 2.19
Gráfica de la distancia recorrida por una lancha en función del tiempo transcurrido.

f) Gráfica de la magnitud de la velocidad de la lancha en función del tiempo transcurrido y su interpretación (Fig. 2.20).

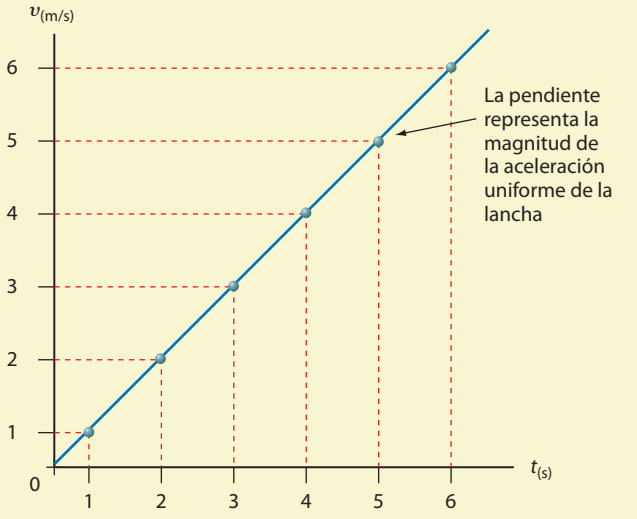


Figura 2.20
Gráfica de la magnitud de la velocidad de la lancha en función del tiempo transcurrido.

El valor de la pendiente o inclinación de la recta obtenida como resultado de unir los puntos al graficar los datos de la magnitud de la velocidad de la lancha en función del tiempo, representa la magnitud de la aceleración de la lancha, misma que permanece constante, ya que sólo para una línea recta las variaciones iguales a lo largo de un eje de coordenadas, corresponden a variaciones iguales sobre el otro eje. En conclusión: **en un movimiento uniformemente acelerado existe una proporcionalidad directa entre la variable magnitud de la velocidad y la variable tiempo; por tanto, si el tiempo aumenta al doble o al triple, la magnitud de la velocidad también se incrementará en la misma proporción**.

g) Gráfica de la magnitud de la aceleración de la lancha en función del tiempo transcurrido (Fig. 2.21).

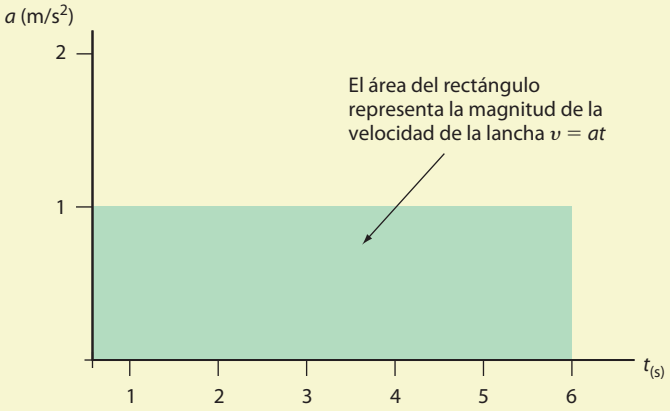


Figura 2.21
Gráfica de la magnitud de la aceleración de la lancha en función del tiempo transcurrido.

El área obtenida al unir los puntos en una gráfica de aceleración en función del tiempo, representa la magnitud de la velocidad de la lancha. Al multiplicar la base (o tiempo) por la altura (o magnitud de la aceleración) encontramos la magnitud de la velocidad:

$$v = at = 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 6\,\text{s} = 6\,\text{m/s}$$

Esta magnitud de velocidad corresponde a la que lleva la lancha a los 6 s. Si deseamos conocer la magnitud de la velocidad de la lancha en cualquier otro tiempo, por ejemplo a los 4.5 s, bastará con multiplicar la magnitud de la aceleración por dicho tiempo. Veamos:

$$v_{4.5\,\text{s}} = at = 1\,\text{m/s}^2 \times 4.5\,\text{s} = 4.5\,\text{m/s}$$

4. Un mociclista adquiere una velocidad de 50 km/h al norte en 6 s. ¿Cuál es su aceleración en m/s^2?

Solución

Datos

$v = 50\,\text{km/h al norte}$

$t = 6\,\text{s}$

$a = ?\,\text{m/s}^2$

Fórmula

$$a = \frac{v}{t}$$

Transformación de unidades

$$50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\,\text{m}}{1\,\text{km}} \times \frac{1\,\text{h}}{3600\,\text{s}} = 13.89\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sustitución y resultado

$$a = \frac{13.89\ \text{m/s}}{6\,\text{s}} = \mathbf{2.315\ m/s^2} \therefore$$

$\vec{a} = 2.315\ \text{m/s}^2$ al norte

5. Un camión lleva una velocidad inicial de 6 m/s al sur, a los 4 segundos su velocidad es de 8 m/s también hacia el sur.

Calcular

a) Su aceleración media.

b) Su desplazamiento en ese tiempo.

Solución

Datos	**Fórmula**
$v_0 = 6\,\text{m/s}$	a) $a = \dfrac{v_f - v_0}{t}$
$t = 4\,\text{s}$	
$v_f = 8\,\text{m/s}$	b) $d = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$
a) $\boldsymbol{a = ?}$	
b) $\boldsymbol{d = ?}$	

Sustitución y resultados

a) $a = \dfrac{8\,\text{m/s} - 6\,\text{m/s}}{4\,\text{s}} = \mathbf{0.5\ m/s^2}$

$\vec{a} = 0.5\ \text{m/s}^2$ al sur

b) $d = 6\,\text{m/s} \times 4\,\text{s} + \dfrac{0.5\ \text{m/s}^2\,(4\,\text{s})^2}{2}$

$= 24\,\text{m} + 4\,\text{m} = \mathbf{28\ m}$

$\vec{d} = 28\,\text{m}$ al sur

6. Determina la rapidez que llevará un muchacho en su patineta a los 6 segundos, si al bajar por una pendiente adquiere una aceleración cuya magnitud es de 0.7 m/s^2 y parte con una rapidez inicial de 4 m/s.

Solución

Datos	**Fórmula**
$\boldsymbol{v_f = ?}$	$v_f = v_0 + at$
$t = 6\,\text{s}$	
$a = 0.7\ \text{m/s}^2$	
$v_0 = 4\,\text{m/s}$	

Sustitución y resultado

$$v_f = 4\,\text{m/s} + (0.7\ \text{m/s}^2 \times 6\,\text{s})$$
$$= 4\,\text{m/s} + 4.2\,\text{m/s} = \mathbf{8.2\ m/s}$$

7. Una barco parte del reposo hacia el este y en 0.2 minutos alcanza una magnitud de velocidad de 30 km/h.

Calcular

a) ¿Cuál fue su aceleración en m/s^2?

b) ¿Cuántos metros se desplazó en ese tiempo?

Solución

Datos	**Fórmulas**
$v_0 = 0$	a) $a = \dfrac{v}{t}$
$t = 0.2\,\text{min}$	b) $d = \dfrac{at^2}{2}$
$v_f = 30\,\text{km/h}$	
a) $\boldsymbol{a = ?}$	
b) $\boldsymbol{d = ?}$	

Transformación de unidades

$$0.2\,\text{min} \times \frac{60\,\text{s}}{1\,\text{min}} = 12\,\text{s}$$

$$30\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\,\text{m}}{1\,\text{km}} \times \frac{1\,\text{h}}{3600\,\text{s}} = 8.33\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sustitución y resultados

a) $a = \dfrac{8.33\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}}{12\,\text{s}} = \mathbf{0.69\,\dfrac{m}{s^2}}$

$\vec{a} = 0.69\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$ al este

b) $d = \dfrac{0.69\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}(12\,\text{s})^2}{2} = \mathbf{49.68\,m}$

$\vec{d} = 49.68\,\text{m}$ al este

8. Un trailer parte del reposo al oeste y experimenta una aceleración de 0.3 m/s^2 durante 0.5 minutos.

Calcular

a) ¿Qué distancia recorre en ese tiempo?

b) ¿Qué velocidad lleva?

Solución

Datos

$v_0 = 0$

$a = 0.3\ \text{m/s}^2$

$t = 0.5\ \text{min}$

a) $\boldsymbol{d = ?}$

b) $\boldsymbol{v_f = ?}$

Fórmula

a) $d = \dfrac{at^2}{2}$

b) $v_f = at$

Transformación de unidades

$$0.5\ \text{min} \times \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 30\ \text{s}$$

Sustitución y resultados

a) $d = \dfrac{0.3\ \text{m/s}^2 (30\ \text{s})^2}{2} = \mathbf{135\ m}$

b) $v_f = 0.3\ \text{m/s}^2 \times 30\ \text{s} = \mathbf{9\ m/s}$

$\vec{v}_f = 9\ \text{m/s al oeste}$

9. Un coche de carreras tiene una velocidad inicial de 4 m/s al este y experimenta una aceleración de 2 m/s^2, la cual dura 12 segundos.

Calcular

a) ¿Qué desplazamiento tiene a los 12 segundos?

b) ¿Qué velocidad lleva a los 12 segundos?

Solución

Datos

$v_0 = 4\ \text{m/s}$

$a = 2\ \text{m/s}^2$

$t = 12\ \text{s}$

a) $\boldsymbol{d = ?}$

b) $\boldsymbol{v_f = ?}$

Fórmula

a) $d = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

b) $v_f = v_0 + at$

Sustitución y resultados

a) $d = 4\ \text{m/s} \times 12\ \text{s} + \dfrac{2\ \text{m/s}^2 (12\ \text{s})^2}{2}$

$d = 48\ \text{m} + 144\ \text{m} = \mathbf{192\ m}$

$\vec{d} = 192\ \text{m al este}$

b) $v_f = 4\ \text{m/s} + (2\ \text{m/s}^2 \times 12\ \text{s})$

$= 4\ \text{m/s} + 24\ \text{m/s} = \mathbf{28\ m/s}$

$\vec{v}_f = 28\ \text{m/s al este}$

10. Un camión de pasajeros con una rapidez de 20 km/h se lanza cuesta abajo de una pendiente y adquiere una rapidez de 70 km/h en un minuto. Si se considera que su aceleración fue constante, calcular:

a) La magnitud de la aceleración en m/s^2.

b) La distancia recorrida en metros durante este tiempo.

Solución

Datos

$v_0 = 20\ \text{km/h}$

$v_f = 70\ \text{km/h}$

$t = 1\ \text{min}$

a) $\boldsymbol{a = ?}$

b) $\boldsymbol{d = ?}$

Fórmula

a) $a = \dfrac{v_f - v_0}{t}$

b) $d = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

Transformación de unidades

$$v_0 = 20\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \times \frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}$$

$$= 5.56\ \text{m/s}$$

$$v_f = 70\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \times \frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}$$

$$= 19.44\ \text{m/s}$$

$t = 1\ \text{min} = 60\ \text{s}$

Sustitución y resultados

a) $a = \dfrac{19.44\ \text{m/s} - 5.56\ \text{m/s}}{60\ \text{s}} = \mathbf{0.23\ m/s^2}$

b) $d = 5.56\ \text{m/s} \times 60\ \text{s} + \dfrac{0.23\ \text{m/s}^2 (60\ \text{s})^2}{2}$

$= 333.6\ \text{m} + 414\ \text{m} = \mathbf{747.6\ m}$

11. Una lancha de motor arranca desde el reposo y mantiene una aceleración constante cuya magnitud es de 0.14 m/s^2.

Calcular

a) ¿En qué tiempo recorrerá una distancia de 1.3 km?

b) ¿Qué rapidez llevará en ese tiempo en m/s y en km/h?

Solución

Datos

$v_0 = 0$

$a = 0.14\ \text{m/s}^2$

$d = 1.3\ \text{km}$

$= 1\,300\ \text{m}$

a) $t = ?$

b) $v_f = ?$

Fórmula

a) $d = \dfrac{at^2}{2} \quad \therefore \quad t = \sqrt{\dfrac{2d}{a}}$

b) $v_f = at$

Sustitución y resultados

a) $t = \sqrt{\dfrac{2 \times 1300\ \text{m}}{0.14\ \text{m/s}^2}} = \mathbf{136.28\ s}$

b) $v_f = 0.14\ \text{m/s}^2 \times 136.28\ \text{s}$

$= \mathbf{19.08\ m/s}$

Transformación de unidades

$$19.08\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}} \times \frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}} = \mathbf{68.7\ km/h}$$

12. Un autobús que viaja con una velocidad de 70 km/h al norte, aplica bruscamente los frenos y se detiene en 15 segundos.

Calcular

a) La aceleración.

b) La distancia total recorrida desde que aplicó los frenos hasta detenerse.

c) La velocidad que lleva a los 6 segundos de haber aplicado los frenos.

d) La distancia que recorrió durante los primeros 6 segundos de haber frenado.

Dar todos los resultados en unidades del Sistema Internacional.

Solución

Datos

$v_0 = 70\ \text{km/h}$

$t = 15\ \text{s}$

Fórmula

a) $a = \dfrac{v_f - v_0}{t}$

a) $a = ?$

b) $d_{\text{total}} = ?$

c) $v_{\text{a los 6 s}} = ?$

d) $d_{\text{a los 6 s}} = ?$

b) $d = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

c) $v = v_0 + at$

d) $d = \dfrac{v_f + v_0}{2} t$

Transformación de unidades

$$v_0 = 70\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \times \frac{1\ \text{h}}{3\,600\ \text{s}} = 19.44\ \text{m/s}$$

Sustitución y resultados

a) $a = \dfrac{0 - 19.44\ \text{m/s}}{15\ \text{s}}$

$\vec{a} = \mathbf{-1.3\ m/s^2\ al\ norte}$

b) $d_{\text{total}} = 19.44\ \text{m/s} \times 15\ \text{s} + \dfrac{-1.3\ \text{m/s}^2\,(15\ \text{s})^2}{2}$

$= 291.6\ \text{m} - 146.25\ \text{m} = \mathbf{145.35\ m}$

c) $v_{6\,\text{s}} = 19.44\ \text{m/s} + (-1.3\ \text{m/s}^2 \times 6\ \text{s})$

$= 19.44\ \text{m/s} - 7.8\ \text{m/s}$

$\vec{v}_{6\,\text{s}} = \mathbf{11.64\ m/s\ al\ norte}$

d) $d_{6\,\text{s}} = \dfrac{11.64\ \text{m/s} + 19.44\ \text{m/s}}{2}(6\ \text{s})$

$= 15.54\ \text{m/s} \times 6\ \text{s} = \mathbf{93.24\ m}$

o bien: $d_{6\,\text{s}} = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

Sustituyendo

$$d_{6\,\text{s}} = 19.44\ \text{m/s} \times 6\ \text{s} + \frac{-1.3\ \text{m/s}^2\,(6\ \text{s})^2}{2} = \mathbf{93.24\ m}$$

13. Una avioneta lleva una velocidad de 110 km/h al norte en el momento en que inicia su aterrizaje y ha recorrido 1.3 km antes de detenerse. Si la aceleración es constante, determina en unidades del Sistema Internacional:

a) La magnitud de la aceleración.

b) El tiempo que emplea para detenerse.

c) La distancia que recorre a los 7 segundos de haber iniciado su aterrizaje.

Solución

Datos

$v_0 = 110\ \text{km/h}$

$= 30.56\ \text{m/s}$

Fórmula

a) $v_f^2 = v_0^2 + 2ad$

como $v_f = 0$, tenemos que:

$d = 1.3\text{ km} = 1\,300\text{ m}$ $\qquad a = -\dfrac{v_0^2}{2d}$

a) $a = ?$ $\qquad$ b) $v_f = v_0 + at \quad \therefore \quad t = -\dfrac{v_0}{a}$

b) t **en parar?**

c) d **a los 7 s = ?** $\qquad$ **c)** $d = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

Sustitución y resultados

a) $v_f^2 = 0 = v_0^2 + 2ad \qquad \therefore \qquad a = -\dfrac{v_0^2}{2d}$

$$a = -\frac{(30.56\text{ m/s})^2}{2 \times 1\,300\text{ m}} = \mathbf{-0.359\ m/s^2}$$

b) $v_f = 0 = v_0 + at \qquad \therefore \qquad t = -\dfrac{v_0}{a}$

$$t = -\frac{30.56\text{ m/s}}{-0.359\text{ m/s}^2}$$

$$= \mathbf{85.1\ s\ en\ detenerse}$$

c) $$d = 30.56\text{ m/s} \times 7\text{ s} + \frac{-0.359\text{ m/s}^2\,(7\text{ s})^2}{2}$$

$$= 213.92\text{ m} - 8.8\text{ m} = \mathbf{205.12\ m}$$

Ejercicios

1. ¿Cuál es la magnitud de la aceleración de una camioneta que parte del reposo y alcanza una velocidad cuya magnitud es de 15 m/s en 2 s?
2. Un trailer aumenta la magnitud de su velocidad de 60 km/h a 80 km/h.

   Determina: a) ¿Cuál es la magnitud de su cambio de velocidad? b) ¿Experimenta una aceleración? ¿Sí o no y por qué?
3. Un camión que parte del reposo experimenta una aceleración constante cuya magnitud es de 0.9 m/s^2. Calcula qué distancia recorre al primer y tercer segundos.
4. Un automóvil lleva una velocidad cuya magnitud es de 70 km/h y después la cambia a una magnitud de 40 km/h. a) ¿Cuál fue el cambio en la magnitud de la velocidad? b) ¿Cómo es el sentido de la variación de la velocidad comparado con el de la aceleración, igual o diferente? ¿Por qué?
5. Una motocicleta lleva una velocidad cuya magnitud es de 20 m/s y después de 3 segundos la incrementa a 25 m/s. Calcula: a) La magnitud de su aceleración. b) ¿Cómo es el sentido de la velocidad comparado con el de la aceleración, igual o diferente? ¿Por qué?
6. Una avioneta parte del reposo y alcanza una rapidez de 95 km/h en 7 segundos para su despegue. ¿Cuál fue la magnitud de su aceleración en m/s^2?
7. Un camión de pasajeros lleva una velocidad inicial de 20 km/h al norte y a los 4 segundos su velocidad es de 50 km/h.

   Calcula

   a) Su aceleración.

   b) Su desplazamiento en ese tiempo.

   Da los resultados en el SI.
8. Una lancha de motor parte del reposo y alcanza una velocidad de 60 km/h al este en 22 segundos.

   Calcula

   a) Su aceleración en m/s^2.

   b) Su desplazamiento en m.
9. Cuando se suelta una pelota en una pendiente adquiere una aceleración cuya magnitud es de 6 m/s^2 en 1.2 segundos.

   Calcula

   a) ¿Qué rapidez lleva en ese tiempo?

   b) ¿Qué distancia recorrió?
10. Un motociclista que se dirige hacia el sur lleva una velocidad de 10 km/h. Si después acelera uniformemente 3 m/s^2 durante 5 s, calcula:

    a) La velocidad obtenida al término de los 5 segundos.

    b) El desplazamiento que tuvo a partir de su aceleración.
11. Un automóvil que viaja al este aumenta su velocidad de 30 km/h a 60 km/h en 4 segundos, si se considera que su aceleración fue constante.

    Calcula

    a) Su aceleración.

    b) La distancia que recorrió en los 4 segundos.
12. Un autobús arranca desde el reposo manteniendo una aceleración cuya magnitud es constante de 0.6 m/s^2.

    Calcula

    a) ¿En qué tiempo recorrerá 0.3 km?

    b) ¿Qué rapidez llevará en ese tiempo en m/s y en km/h?
13. Un motociclista que lleva una rapidez de 80 km/h aplica los frenos para detenerse en 5 segundos ante un semáforo, considerando una aceleración constante.

    Calcula

    a) La magnitud de su aceleración.

    b) La distancia total recorrida desde que aplicó los frenos hasta detenerse.

c) La rapidez que lleva a los 2 segundos de haber aplicado los frenos.

d) La distancia que recorrió durante los primeros 2 segundos de haber frenado.

14. Una caja se cae accidentalmente de una camioneta que lleva una velocidad de 60 km/h hacia el este, recorriendo 15 m antes de detenerse. La aceleración es constante.

Calcula

a) La aceleración.

b) El tiempo que tarda la caja en detenerse.

c) La distancia que recorre el primer segundo de su caída.

Uso de TIC

- Si deseas investigar más acerca del movimiento y su descripción, velocidad y tipos de movimiento, consulta la siguiente página de Internet:

http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1184

Actividad experimental 5

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)

Objetivo

- A partir de un experimento, identificar las características del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

Consideraciones teóricas

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se lleva a cabo si la velocidad de un móvil que viaja en línea recta, experimenta cambios iguales en cada unidad de tiempo. En este movimiento la magnitud de la aceleración permanece constante al transcurrir el tiempo. Ejemplos de MRUA se presentan cuando cualquier cuerpo cae en forma libre o rueda en una pendiente. Galileo Galilei fue el primero en hacer estudios acerca del MRUA, experimentando con un plano inclinado y una bola. Al usar un plano inclinado lograba una aceleración de la bola más pequeña que si se dejara caer libremente.

Para realizar experimentos en cinemática, en la cual se requiere medir distancias y determinar intervalos iguales de tiempo, se usa con frecuencia un dispositivo denominado **ticómetro**; éste consta de un vibrador de un timbre eléctrico con determinada frecuencia sujeto a una tabla de madera (Fig. 2.22). Cuando el ticómetro funciona, el vibrador martillea un disco elaborado con papel carbón que deja marcas sobre una tira de papel en movimiento a intervalos iguales de tiempo. Por tanto, la distancia entre dos marcas consecutivas corresponderá a un mismo intervalo de tiempo, y de acuerdo con la frecuencia de vibración del ticómetro determinaremos cuánto tiempo transcurre entre una y otra marca del vibrador.

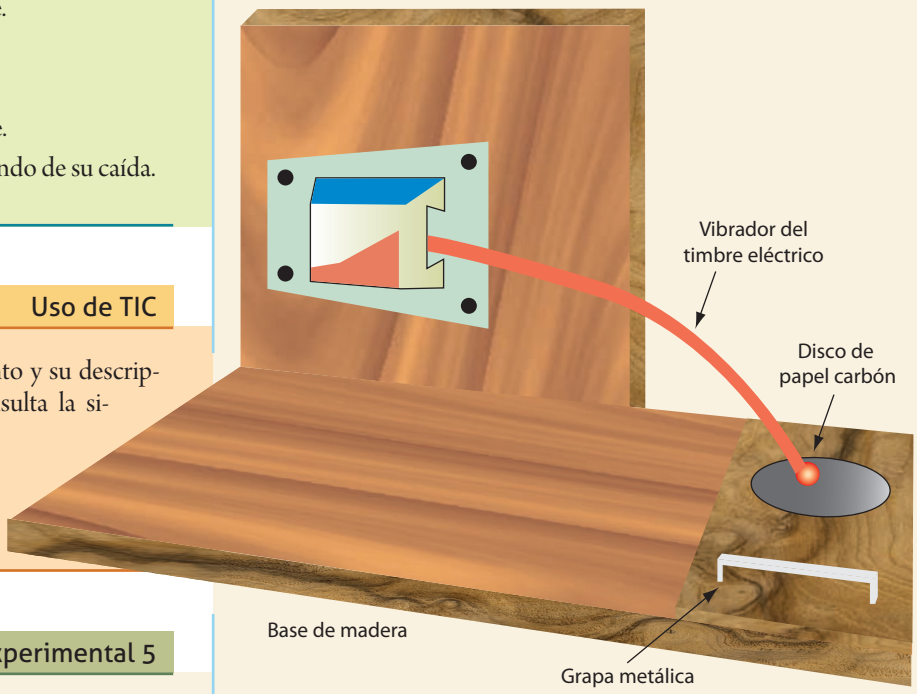


Figura 2.22
El ticómetro es un dispositivo que sirve para medir distancias en intervalos iguales de tiempo.

Material

- Un ticómetro
- Una rampa de madera
- Un carro de baja fricción
- Una cinta adhesiva
- Una regla graduada
- Un disco de papel carbón
- Un soporte metálico con pinzas de sujeción
- Una tira de papel para el ticómetro

Procedimiento

1. Monta un dispositivo como el mostrado en la figura 2.23. Para ello, coloca y sujeta la rampa por su extremo superior a una altura de 65 cm de la superficie de la mesa de trabajo.

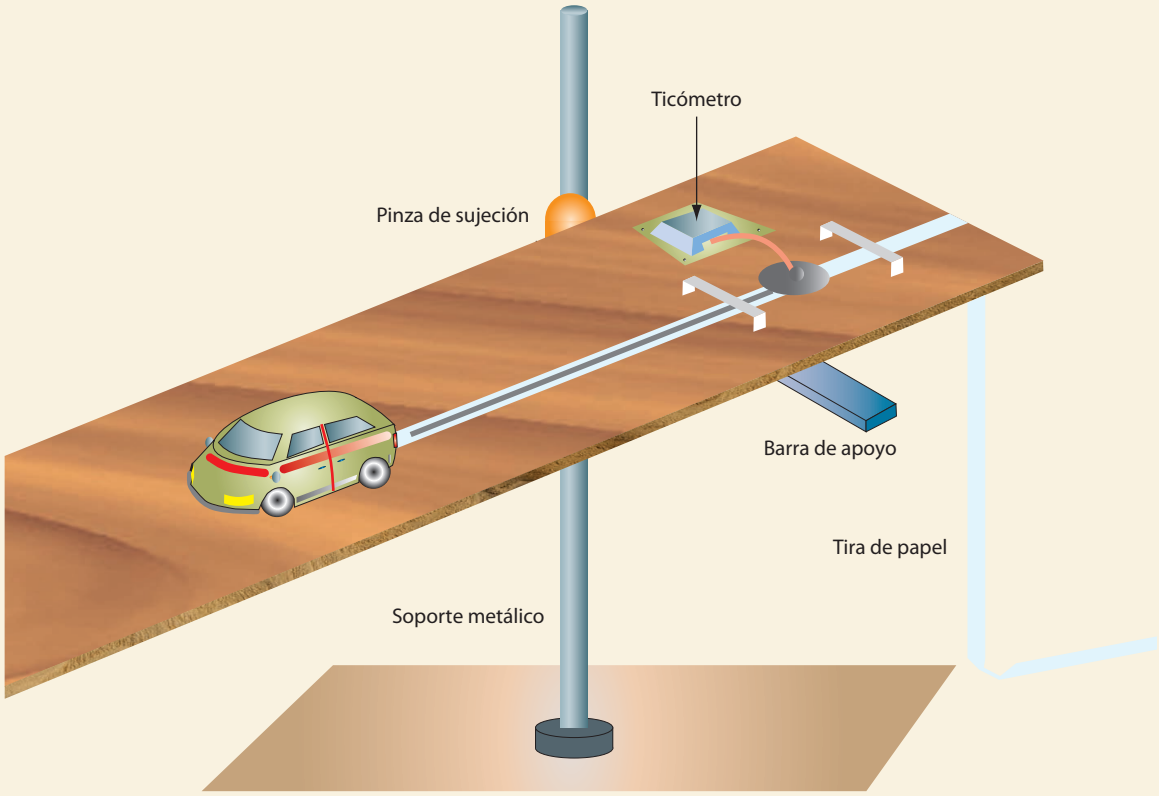


Figura 2.23
Dispositivo para estudiar el MRUA.

2. Pon el carro en el extremo superior de la rampa, coloca y sujeta con cinta adhesiva el ticómetro. Pregunta a tu profesor cuál es la frecuencia de vibración del ticómetro.
3. Pon el carro en el extremo superior de la rampa y adhiérele uno de los extremos de la tira de papel, misma que debe pasar por las grapas del ticómetro y correr libremente con el carro.
4. Pon a funcionar el ticómetro e inmediatamente después suelta el carro por la rampa. Observa el movimiento del carro y cuida de que en la tira de papel se marquen los impactos del vibrador por medio del disco de papel carbón del ticómetro.
5. Cuando el carro llegue al extremo inferior de la rampa desconecta el ticómetro. Retira la tira de papel e inicia el análisis de las distancias entre los puntos marcados. Las distancias siempre se miden a partir de la posición que se considere como inicial y no de marca a marca.
6. Suponiendo una frecuencia de 90 vibraciones/s del ticómetro, mide la distancia entre el punto considerado como cero o inicial y la marca o punto 9, entre el cero y el punto 18, entre el cero y el punto 27, y así sucesivamente. Esto es así porque se considera una frecuencia de 90 vibraciones/s, por lo que con esta suposición tenemos que la distancia entre dos marcas consecutivas se recorrerá en 1/90 de segundo. De ahí se deduciría que la distancia existente entre cada nueve puntos se recorre en 1/10 de segundo. Con esta consideración, pídele a tu profesor(a) el dato real de la frecuencia de vibración del ticómetro que estás usando, y mide la distancia entre dos marcas consecutivas y deduce el tiempo durante el cual se recorren las dos marcas consecutivas. De acuerdo con los datos obtenidos en tu actividad experimental, llena el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Magnitudes de velocidades medias (experimentales)

Tiempo Δt (s)	Distancia Δd (cm)	Tiempo al cuadrado Δt^2 (s^2)	Magnitudes de velocidad media $\Delta d/\Delta t$ (cm/s)
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			

7. Con los datos de la tabla construye una gráfica de distancia contra tiempo. Une los puntos e interpreta el significado físico de la curva obtenida.
8. Grafica los datos de la distancia contra los del tiempo al cuadrado e interpreta el significado físico de la recta obtenida al unir los puntos.
9. Grafica los datos de la magnitud de la velocidad media contra el tiempo e interpreta el significado físico de la recta obtenida al unir los puntos.

Cuestionario

1. ¿Qué tipo de movimiento realiza el carro?

2. ¿Cómo varía la distancia que recorre el carro respecto al tiempo transcurrido?

3. ¿Cómo determinaste el tiempo transcurrido en el experimento?

4. ¿Cuál es el significado físico de pendiente de la curva obtenida al graficar los datos de la distancia contra el tiempo?

5. ¿Qué obtuviste al graficar los datos de la distancia contra los del tiempo al cuadrado? ¿Cuánto vale la pendiente de la recta?

6. ¿Qué obtuviste al graficar los datos de la magnitud de la velocidad media contra los del tiempo transcurrido? ¿Cuánto vale la pendiente de la recta?

Retroalimentación de la actividad experimental 5

Comprueba si tus respuestas fueron correctas, al leer el siguiente texto:

A la pregunta 1 del cuestionario de la actividad experimental 5 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, respondiste que se trata de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. A la pregunta 2 respondiste que aunque la distancia se incrementa al transcurrir el tiempo, la distancia no es directamente proporcional al tiempo. A la pregunta 3 seguramente contestaste que el tiempo lo mediste al conocer la frecuencia de vibración del ticómetro. En la pregunta 4, cuando se grafican los datos de la distancia contra el tiempo, el significado físico de la pendiente de la curva obtenida es la magnitud de la velocidad. En la pregunta 5 debiste responder que obtuviste una recta al graficar los datos de la distancia contra los del tiempo elevado al cuadrado, y determinaste el valor de la pendiente de dicha recta con la función tangente, es decir: $\tan \alpha = \frac{\Delta d}{\Delta t^2} = k$. Este valor de k representa la mitad de la magnitud de la aceleración que tiene el móvil, es decir, el carro. Finalmente, al graficar los datos de la magnitud de la velocidad media contra los del tiempo transcurrido, en la pregunta 6, respondiste que obtienes la magnitud de la aceleración del carro, con la pendiente de la recta $\frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Caída libre

Un cuerpo físico u objeto tiene una caída libre **si desciende sobre la superficie de la Tierra y no sufre ninguna resistencia originada por el aire o cualquier otra sustancia**. De manera práctica, cuando la resistencia del aire sobre los cuerpos es tan pequeña que se puede despreciar es posible interpretar su movimiento como una caída libre. Para cualquiera de nosotros es muy común observar la caída de los cuerpos sobre la superficie de la Tierra, pero, ¿nos hemos puesto a pensar en el tiempo que tardan en caer dos cuerpos de diferente tamaño desde una misma altura si se sueltan de manera simultánea? Demos respuesta a esta interrogante experimentando con una hoja de papel y un cuaderno. Observemos que la hoja de papel cae más despacio y con un movimiento irregular, mientras la caída del cuaderno es vertical y es el primero en llegar al suelo. Ahora, hagamos una bolita con la hoja de papel, comprimiéndola con las manos y dejémosla caer en forma simultánea con el cuaderno; el resultado será que ambos cuerpos caen en vertical y al mismo tiempo, porque al comprimir la hoja de papel **casi hemos eliminado los efectos de la resistencia del aire**. Cuando en un tubo al vacío se dejan caer de modo simultáneo una pluma de ave, una piedra, una moneda y un pedazo de metal, su caída será vertical y empleará el mismo tiempo, al margen de su tamaño y peso, por tanto, su movimiento es en caída libre (Fig. 2.24). Aunque al caer al suelo los cuerpos sufren los efectos de la resistencia del aire, por lo general son despreciables y se consideran como si fueran en caída libre.

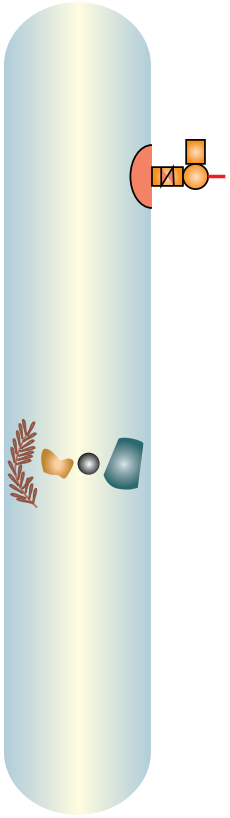


Figura 2.24
Al extraer casi en su totalidad el aire del interior del recipiente, la fricción se elimina prácticamente y los cuerpos caen al mismo tiempo.

En 1590, el científico italiano Galileo Galilei fue el primero en demostrar que **todos los objetos, ya sean grandes o pequeños, en ausencia de fricción, caen a la Tierra con la misma aceleración**. Por tanto, si dejamos caer desde cierta altura una piedra grande y una pequeña, las dos piedras caerán al suelo al mismo tiempo. Con base en estos resultados, podemos afirmar que **la aceleración gravitacional produce sobre los cuerpos con caída libre un movimiento uniformemente acelerado**, motivo por el cual la magnitud de su velocidad aumenta en forma constante, mientras la aceleración permanece fija. **La caída libre de los cuerpos es un ejemplo práctico de movimiento uniformemente acelerado**.

Al hacer la medición de la aceleración de la gravedad en distintos lugares de la Tierra, se ha encontrado que ésta no es igual en todas partes, pues hay pequeñas diferencias; sin embargo, para fines prácticos la magnitud aceptada es de 9.8066 m/s^2, cantidad que redondeada puede considerarse en forma aproximada como **9.8 m/s^2**.

Para hacer una interpretación correcta del fenómeno que se presenta durante una caída libre, en un tiro vertical, o en un tiro parabólico, que veremos más adelante, al resolver problemas, debemos considerar que **la aceleración de la gravedad es una magnitud vectorial cuya dirección está dirigida hacia el centro de la Tierra**. Como ya se ha señalado, los vectores dirigidos hacia arriba son positivos, y los dirigidos hacia abajo son negativos; entonces, **puesto que la aceleración de la gravedad está dirigida hacia abajo tendrá signo negativo**. Por lo general, se acostumbra representar la aceleración de la gravedad con la letra ***g***, y para fines prácticos se le da una magnitud de:

$$g = -9.8\ m/s^2$$

Para resolver problemas de caída libre se utilizan las mismas ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, resumidas en la deducción de las ecuaciones utilizadas en el MRUA, pero se acostumbra cambiar la letra *a* de aceleración por *g* que representa la aceleración de la gravedad, y la letra *d* de distancia por ***h*** que representa a la altura. Por tanto, las ecuaciones generales para caída libre de los objetos serán:

1. $h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$
2. $h = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2g}$
3. $h = \frac{v_f + v_0}{2} t$
4. $v_f = v_0 + gt$
5. $v_f^2 = v_0^2 + 2gh$

Si deseas profundizar en estos temas, visita nuestra página web ww.sali.org.mx donde encontrarás los archivos: "Caída libre 1.pdf", "Caída libre 2.pdf" y "Caída libre 3.pdf".

Efectos ocasionados por la resistencia del aire sobre los cuerpos durante su caída. Velocidad terminal

Con seguridad recuerdas la sensación que experimentas en tu cara y tórax cuando viajas rápido en una bicicleta, por ejemplo en una bajada; o cuando vas en automóvil o autobús a una velocidad alta y te asomas por la ventana. Cuando un objeto sólido se mueve desplazándose en un fluido (líquidos y gases), como puede ser aire, agua, aceite, etc., experimenta una **resistencia que se opone a su movimiento**, es decir, se presenta una fuerza que recibe el nombre de **fuerza de fricción viscosa**, y depende de la velocidad del sólido, de la viscosidad del fluido (resistencia que opone a fluir), así como de la forma geométrica del cuerpo.

Cuando un paracaidista se lanza desde un avión recibe la fuerza de fricción viscosa del aire, que actúa hacia arriba, contrarrestando la fuerza de atracción de la gravedad, es decir, su peso que actúa hacia abajo. Cuando la fuerza de fricción viscosa del aire tiene la

misma magnitud que la fuerza de atracción de la gravedad, la fuerza neta o resultante que actúa sobre el paracaidista es igual a cero, por lo que **su descenso lo realiza con una velocidad constante, que recibe el nombre de velocidad terminal**, cuya magnitud es aproximadamente de 200 km/h. Observa la figura que se encuentra abajo.

En general, todo cuerpo al caer, como gotas de lluvia, granizo, paracaidistas, etc., alcanzará su **velocidad terminal**, cuando su peso tenga la misma magnitud que la fuerza debida a la resistencia del aire.

Esta velocidad dura muy pocos segundos, ya que al abrir su paracaídas, la fuerza de fricción viscosa del aire se incrementa considerablemente y la velocidad terminal del paracaidista tendrá una magnitud muy por debajo de los 200 km/h.



El paracaidista alcanza su velocidad terminal cuando $F = P$.

Tiro vertical

Este movimiento **se presenta cuando un objeto se lanza verticalmente hacia arriba (Fig. 2.25), y se puede observar que la magnitud de su velocidad va disminuyendo hasta anularse al alcanzar su altura máxima**. Inmediatamente inicia su regreso para llegar al mismo punto donde fue lanzado y adquiere la misma magnitud de velocidad con la cual partió. Asimismo, el tiempo empleado en subir es el mismo utilizado en bajar. En conclusión, **el tiro vertical experimenta la misma aceleración que la caída libre de los objetos y, por tanto, emplea las mismas ecuaciones**.

En este tipo de movimiento, por lo general, resulta importante calcular la **altura máxima alcanzada por un cuerpo, el tiempo que tarda en subir hasta alcanzar su altura máxima, y el tiempo de permanencia en el aire**, por ese motivo, haremos la deducción de las ecuaciones necesarias para calcular dichas magnitudes a partir de las ecuaciones generales para la caída libre de los objetos.



Figura 2.25
Cuando un objeto se lanza verticalmente hacia arriba se efectúa un tiro vertical.

Para calcular la altura máxima que alcanza un objeto lanzado verticalmente hacia arriba usamos la ecuación:

$$v_f^2 = v_0^2 + 2gh$$

Cuando el objeto alcanza su altura máxima $(h_{máx})$ su velocidad final es cero, por consiguiente:

$$v_f^2 = 0 = v_0^2 + 2gh_{máx}$$

Despejando la altura máxima tenemos:

$$h_{máx} = -\frac{v_0^2}{2g}$$

Para calcular el tiempo que tarda en subir utilizamos la ecuación:

$$v_f = v_0 + gt$$

Cuando el objeto alcanza su altura máxima ya no sube más y, como ya mencionamos, en ese instante su velocidad final es cero, por tanto:

$$v_f = 0 = v_0 + gt_{(subir)}$$

Despejando el tiempo que tarda en subir $[t_{(subir)}]$ tenemos:

$$t_{(subir)} = -\frac{v_0}{g}$$

Como el tiempo que tarda en subir es el mismo para bajar, entonces el tiempo de permanencia en el aire será:

$$t_{(\text{aire})} = 2\,t_{(\text{subir})}$$

es decir:

$$t_{(\text{aire})} = -\frac{2v_0}{g}$$

Ejemplos

Caída libre y tiro vertical

1. Una niña deja caer una pelota desde una ventana que está a 60 m de altura sobre el suelo.

Calcular

a) ¿Qué tiempo tardará en caer?

b) ¿Con qué magnitud de velocidad choca contra el suelo?

Solución

Datos

$v_0 = 0$

$h = 60\text{ m}$

$g = -9.8\text{ m/s}^2$

a) $\boldsymbol{t = ?}$

b) $\boldsymbol{v_f = ?}$

Fórmula

a) $h = \dfrac{gt^2}{2} \quad \therefore \quad t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

b) $v_f = gt$

Sustitución y resultados

a) $t = \sqrt{\dfrac{2(-60\text{ m})}{-9.8\text{ m/s}^2}} = \mathbf{3.5\text{ s}}$

b) $v_f = -9.8\text{ m/s}^2 \times 3.5\text{ s} = \mathbf{-34.3\text{ m/s}}$

2. Una maceta cae desde la azotea de un edificio y tarda 4 segundos en llegar al suelo.

Calcular

a) La altura del edificio.

b) La magnitud de la velocidad con que choca contra el suelo.

Solución

Datos

$v_0 = 0$

$t = 4\text{ s}$

$g = -9.8\text{ m/s}^2$

a) $\boldsymbol{h = ?}$

b) $\boldsymbol{v_f = ?}$

Fórmula

a) $h = v_0 t + \dfrac{gt^2}{2}$

b) $v_f = v_0 + gt$

Como $v_0 = 0$; las ecuaciones quedan:

a) $h = \dfrac{gt^2}{2}$

b) $v_f = gt$

Sustitución y resultados

a) $h = \dfrac{-9.8\text{ m/s}^2\,(4\text{ s})^2}{2} = \mathbf{-78.4\text{ m}}$

El signo menos de la altura es porque se mide desde la azotea hasta el suelo.

b) $v_f = -9.8\text{ m/s}^2 \times 4\text{ s} = \mathbf{-39.2\text{ m/s}}$

El signo menos es porque la velocidad es hacia abajo.

3. Se lanza verticalmente hacia abajo una pelota al vacío con una velocidad inicial de 5 m/s.

Calcular

a) ¿Qué magnitud de la velocidad llevará a los 3 segundos de su caída?

b) ¿Qué distancia recorrerá entre los segundos 3 y 4?

Solución

Datos

$v_0 = -5\text{ m/s}$

$g = -9.8\text{ m/s}^2$

a) $\boldsymbol{v_{\text{a los 3 s}} = ?}$

b) $\boldsymbol{d_{\text{entre 3 y 4 s}} = ?}$

Fórmula

a) $v_f = v_0 + gt$

b) $h = v_0 t + \dfrac{gt^2}{2}$

Sustitución y resultados

a) $v_f = -5\text{ m/s} + (-9.8\text{ m/s}^2 \times 3\text{ s})$

$= -5\text{ m/s} - 29.4\text{ m/s} = \mathbf{-34.4\text{ m/s}}$

b) $d_{3\text{ s}} = -5\text{ m/s} \times 3\text{ s} + \dfrac{-9.8\text{ m/s}^2\,(3\text{ s})^2}{2}$

$= -15\text{ m} - 44.1\text{ m} = -59.1\text{ m}$

$$d_{4\,s} = -5\,\text{m/s} \times 4\,\text{s} + \frac{-9.8\,\text{m/s}^2\,(4\,\text{s})^2}{2}$$
$$= -20\,\text{m} - 78.4\,\text{m} = -98.4\,\text{m}$$
$$d_{4\,s} - d_{3\,s} = -98.4\,\text{m} - (-59.1\,\text{m}) = \mathbf{-39.3\,m}$$

4. Un balón de voleibol que se encuentra al nivel del suelo es lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad de 29.4 m/s.

Calcular

a) ¿Qué altura habrá subido al primer segundo?
b) ¿Qué magnitud de velocidad llevará al primer segundo?
c) ¿Qué altura máxima alcanzará?
d) ¿Qué tiempo tardará en subir?
e) ¿Cuánto tiempo durará en el aire?

Solución

Datos

$v_0 = 29.4\,\text{m/s}$ (positiva porque va hacia arriba)

$g = -9.8\,\text{m/s}^2$

a) $\boldsymbol{h_{1\,s} = ?}$
b) $\boldsymbol{v_{1\,s} = ?}$
c) $\boldsymbol{h_{máx} = ?}$
d) $\boldsymbol{t_{(subir)} = ?}$
e) $\boldsymbol{t_{(aire)} = ?}$

Fórmula

a) $h = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$
b) $v_f = v_0 + gt$
c) $h_{máx} = -\frac{v_0^2}{2g}$
d) $t_{(subir)} = -\frac{v_0}{g}$
e) $t_{(aire)} = 2\,t_{(subir)}$

Sustitución y resultados

a) $h_{1\,s} = 29.4\,\text{m/s} \times 1\,\text{s} + \frac{-9.8\,\text{m/s}^2(1\,\text{s})^2}{2}$
$= 29.4\,\text{m} - 4.9\,\text{m} = \mathbf{24.5\,m}$

b) $v_{1\,s} = 29.4\,\text{m/s} + (-9.8\,\text{m/s}^2 \times 1\,\text{s})$
$= 29.4\,\text{m/s} - 9.8\,\text{m/s} = \mathbf{19.6\,m/s}$

c) $h_{máx} = -\frac{(29.4\,\text{m/s})^2}{2(-9.8\,\text{m/s})^2} = \mathbf{44.1\,m}$

d) $t_{(subir)} = -\frac{29.4\,\text{m/s}^2}{-9.8\,\text{m/s}^2} = \mathbf{3\,s}$

e) $t_{(aire)} = 2 \times 3\text{s} = \mathbf{6\,s}$

Ejercicios

1. ¿Cuál es la magnitud de la aceleración que experimenta una piedra que cae desde una ventana?

2. Una pelota de futbol se deja caer desde una ventana y tarda en llegar al suelo 5 segundos.

Calcula

a) ¿Desde qué altura cayó?
b) ¿Con qué magnitud de velocidad choca contra el suelo?

3. Un balón se suelta al vacío desde una altura de 120 m.

Calcula

a) ¿Qué tiempo tarda en caer?
b) ¿Con qué magnitud de velocidad choca contra el suelo?

4. Se tira una canica verticalmente hacia abajo con una velocidad inicial cuya magnitud es de 8 m/s.

Calcula

a) ¿Qué magnitud de velocidad llevará a los 4 segundos de su caída?
b) ¿Qué distancia recorre en ese tiempo?

5. Se lanza verticalmente hacia arriba una pelota con una velocidad de 20 m/s.

Calcula

a) ¿Qué distancia recorre a los 2 segundos?
b) ¿Qué magnitud de velocidad lleva a los 2 segundos?
c) ¿Qué altura máxima alcanza?
d) ¿Cuánto tiempo dura en el aire?

Actividad experimental 6

La caída de los objetos

Objetivo

- Observar y cuantificar la variable tiempo, para objetos que caen por el plano inclinado.

Consideraciones teóricas

Galileo Galilei realizó sus experimentos de caída libre, utilizando un plano inclinado con diferentes ángulos, algunos muy pequeños para que la aceleración que experimentara una esfera al caer fuera menor que si la dejara caer verticalmente sobre la superficie de la Tierra. De esta manera, podía lograr que el movimiento de la esfera

fuera más lento y pudo medir las distancias que recorría en determinados lapsos. Así, pudo comprobar que la caída libre es un movimiento uniformemente acelerado.

Material empleado

- Un riel metálico de un metro
- una canica chica
- una canica grande
- una regla graduada
- un marcador o un gis
- un cronómetro
- tres ladrillos.

Desarrollo de la actividad experimental

1. En lugares visibles del riel metálico, marca distancias cada 20 cm.
2. Coloca un extremo del riel metálico sobre uno de los ladrillos, como se ve en la figura 2.26.

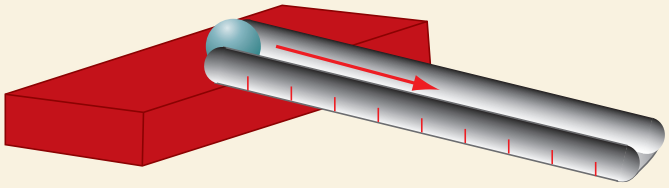


Figura 2.26
Plano inclinado para estudiar la caída de los cuerpos.

3. Suelta la canica pequeña desde el extremo superior del riel y mide el tiempo que tarda en recorrer cada distancia de 20 cm. Registra en el cuadro 2.5 de los datos experimentales, el tiempo transcurrido para que la canica recorra cada una de las distancias marcadas, es decir, 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm. Después, eleva al cuadrado cada uno de los datos experimentales del tiempo transcurrido y anota el resultado en la tabla de datos. Por último, llena la cuarta columna del cuadro 2.5, al dividir el valor de cada una de las distancias recorridas, entre su respectivo tiempo elevado al cuadrado.

   Nota: repite el experimento las veces que sea necesario, para que obtengas resultados confiables.

4. Repite el paso anterior, pero ahora suelta la canica más grande desde el extremo superior del riel y registra nuevamente el tiempo transcurrido para que la canica recorra cada una de las distancias marcadas.

   Compara estos tiempos con los registrados para la canica pequeña. Elabora en tu cuaderno el cuadro de datos experimentales respectivo.

5. Con los valores obtenidos para la distancia recorrida por la canica y el tiempo transcurrido para recorrerla, elevado al cuadrado, construye una gráfica de distancia en función del tiempo al cuadrado. Si al unir los puntos, no obtienes una línea recta, traza una línea recta teórica a partir del origen y que pase entre la mayoría de los puntos obtenidos como resultado de tus datos experimentales. Determina el valor de la pendiente de la recta obtenida. Recuerda que este valor representa la mitad de la magnitud de la aceleración (1/2 *a*) que experimenta la canica, por lo que si multiplicas por 2 dicha magnitud, obtendrás la magnitud de su aceleración en el plano inclinado que construiste (si se te presenta alguna duda, vuelve a leer la sección Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, en este libro). Compara cómo son entre sí el valor de la pendiente de la recta obtenida, con los valores que obtuviste al llenar la cuarta columna del cuadro 2.5.
6. Repite los pasos 3, 4 y 5 pero ahora coloca un ladrillo más para que aumente la inclinación del plano.
7. Finalmente, aumenta la inclinación del plano, colocando el tercer ladrillo y repite los pasos 3, 4 y 5.

Cuadro 2.5 Distancias y tiempos (experimentales)

Distancia (cm)	Tiempo (s)	Tiempo elevado al cuadrado (s^2)	Distancia entre tiempo al cuadrado (cm/s^2)
0			
20			
40			
60			
80			
100			

Cuestionario

1. ¿Fue diferente el tiempo de caída de la canica pequeña para cada una de las distancias marcadas, comparado con el tiempo que transcurre para que la canica grande recorra dichas distancias, manteniendo la misma altura del plano inclinado? ¿Sí o no y por qué?

2. ¿Cómo varía el tiempo de caída de las canicas al ser mayor la inclinación del plano inclinado?

3. ¿Qué sucederá en el caso extremo de que el riel se coloque en posición vertical?

4. ¿Obtuviste una línea recta al unir los puntos en la gráfica de distancia contra el tiempo elevado al cuadrado? ¿Sí o no y por qué?

5. Al comparar entre sí los valores de la pendiente de la recta obtenida en la gráfica, con los valores de la cuarta columna del cuadro 2.5, ¿éstos fueron iguales, muy semejantes o diferentes? Explica la razón de tu respuesta:

6. ¿En qué caso la magnitud de la aceleración de la canica fue mayor, comparando la inclinación del plano inclinado y por qué?

Retroalimentación de la actividad experimental 6

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto:

A la pregunta 1 del cuestionario referente a la actividad experimental 6 La caída de los objetos, seguramente respondiste que el tiempo de caída para la canica pequeña y la canica grande es el mismo, ya que caen desde la misma altura y por supuesto, con la misma aceleración. A la pregunta 2 respondiste con base en tus valores obtenidos, que el tiempo de caída de las canicas es menor al ser mayor la inclinación del plano inclinado. A la pregunta 3 debiste responder que en el caso extremo de que el riel se coloque en posición vertical, las canicas tendrán una caída libre, ya que descenderán sobre la superficie de la Tierra sin sufrir ninguna resistencia, ya que la resistencia ocasionada por el aire se considera despreciable. A la pregunta 4 si tu respuesta fue que sí obtuviste una línea recta al unir los puntos que fueron el resultado de graficar los datos de la distancia recorrida por la canica, en función del tiempo elevado al cuadrado, ¡felicitaciones! hicieron su actividad con gran cuidado y contaron con un buen cronómetro y una buena regla graduada. En caso de que la respuesta haya sido que no obtuvieron una línea recta y ésta se debió trazar buscando que pasara entre el mayor número de puntos, su explicación debió ser más o menos en los siguientes términos: No se obtuvo una línea recta, debido a las múltiples causas de error que se pueden presentar durante las mediciones, como son los errores debidos a los instrumentos de medición, la fuerza de fricción, ambientales y humanos entre otros. A la pregunta 5, si su actividad experimental fue muy bien realizada, el valor de la pendiente de la recta obtenida en la gráfica, y los valores de la cuarta columna, es decir, del cociente de la distancia recorrida, entre el tiempo elevado al cuadrado, deben ser iguales o bastante semejantes, ya que ambos se refieren a la mitad de la magnitud de la aceleración que experimenta la canica (1/2 *a*). Por último, a la pregunta 6, debieron responder que la magnitud de la aceleración de la canica fue mayor, cuando la altura del plano inclinado fue mayor, al colocar los tres ladrillos, y su aceleración será la de un cuerpo en caída libre, cuando el riel se coloque en posición vertical.

Aplica lo que sabes

De nuevo lee con atención, lo referente a:

- Caída libre
- Tiro vertical

Elabora en tu cuaderno los esquemas didácticos que consideres necesarios, en los que se visualicen los conceptos involucrados y las relaciones jerárquicas entre dichos conceptos.

Con la supervisión e instrucciones de tu profesor(a), comparte y compara tus esquemas didácticos con tus compañeros del grupo. Enriquécelos o ayuda a que otros lo hagan.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: anota una V en el paréntesis de la izquierda si el enunciado es verdadero o una F si es falso.

1. ( ) Luis dice que un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se lleva a cabo cuando la velocidad permanece constante.
2. ( ) Norma comenta que en un movimiento uniformemente acelerado existe una proporcionalidad directa entre la variable velocidad y la variable tiempo; por tanto, si el tiempo aumenta al doble o al triple, la velocidad también se incrementa en la misma proporción.
3. ( ) Roberto señala que en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, la magnitud de la aceleración permanece constante.

4. ( ) Sandra indica que en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, el valor de la pendiente o inclinación de la recta obtenida como resultado de unir los puntos al graficar los datos de la magnitud de la velocidad de un móvil en función del tiempo, representa la magnitud de la aceleración del móvil.
5. ( ) Antonio argumenta que un objeto tiene una caída libre si desciende sobre la superficie de la Tierra y sufre la resistencia originada por el aire o cualquier otra sustancia.
6. ( ) Patricia manifiesta que si se sueltan al mismo tiempo y desde la misma altura una roca pequeña y una roca grande, la roca grande cae primero al suelo.
7. ( ) Raúl señala que la aceleración gravitacional produce sobre los objetos o cuerpos físicos con caída libre, un movimiento uniformemente acelerado.
8. ( ) Rosa dice que para resolver problemas de caída libre se utilizan las mismas ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
9. ( ) Miguel indica que en un tiro vertical, la velocidad del móvil va aumentando lo mismo en cada unidad de tiempo, hasta alcanzar su altura máxima.
10. ( ) Rosalía manifiesta que el tiro vertical experimenta la misma aceleración que la caída libre de los cuerpos y, por tanto, emplea las mismas ecuaciones.

Para tu reflexión

Satélites naturales y artificiales

Un **satélite natural** es un cuerpo físico que gravita en torno a un planeta y lo acompaña en su traslación alrededor de una estrella (Fig. 2.27). En el caso de nuestro planeta éste pertenece al **Sistema Solar,** donde los planetas giran alrededor de la estrella llamada Sol. Al observar el movimiento de rotación de un satélite sobre sí mismo se ha comprobado que su duración es igual a la de la traslación en torno del planeta, por tanto, al igual que la Luna, siempre tiene el mismo hemisferio dirigido hacia el planeta sobre el cual gira.



Figura 2.27
Un satélite natural es un astro secundario que gravita en torno a un planeta.

Hasta ahora, se han descubierto alrededor de 178 satélites naturales en el sistema planetario. Posiblemente haya más, pero por su tamaño y su distancia tan grande del Sol no han sido detectados aún.

Un **satélite artificial** puede ser una nave espacial, también llamada cápsula espacial o astronave, tripulada o no, o una sonda espacial lanzada por el hombre en torno a la Tierra, la Luna o algún otro planeta; gravita alrededor del astro siguiendo las mismas leyes que rigen el movimiento de los satélites naturales (Fig. 2.28).



Figura 2.28
Telescopio espacial Hubble flotando en el espacio, en una órbita de 500 km de altura alrededor de la Tierra.

En un espacio sin atmósfera ni fuerzas perturbadoras, los cuerpos físicos conservan la velocidad de manera indefinida y, por tanto, la dirección y el sentido del **movimiento libre o movimiento rectilíneo uniforme adquirido inicialmente**. No obstante, la presencia de los astros en el espacio implica la existencia de **fuerzas gravitacionales,** las cuales atraen a los cuerpos físicos y les dan cierta trayectoria, resultado del movimiento propio de dichos cuerpos y del que tiende a imprimirle el astro perturbador. Por ejemplo: al arrojar con la mano una piedra en línea recta y en forma horizontal, ésta es atraída por la Tierra haciendo curva su trayectoria hasta chocar contra el suelo después de haber descrito una parábola en el aire.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: completa de manera breve los siguientes enunciados.

1. Cuando la posición de un objeto varía respecto a un punto considerado fijo al transcurrir el tiempo, decimos que se encuentra en: _____

2. Nombre de la magnitud escalar, que hace referencia sólo a la magnitud de la longitud recorrida por un móvil durante su trayectoria seguida, sin importar en qué dirección lo hizo: _____

3. Nombre de la magnitud escalar que únicamente indica la magnitud de la velocidad: _____

4. Cuando la velocidad de un móvil no permanece constante, sino que varía con respecto al tiempo, decimos que tiene una: _____

Instrucciones: Anota una V en el paréntesis de la izquierda si el enunciado es verdadero, o una F si es falso.

5. ( ) Ana dice que un ejemplo de un movimiento en dos dimensiones o sobre un plano es el de una rueda de la fortuna al girar.
6. ( ) Gonzalo señala que el desplazamiento es una magnitud vectorial, ya que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos, el de partida y el de llegada.
7. ( ) Esther indica que durante una curva, si la rapidez se mantiene constante, también se mantiene constante la velocidad.
8. ( ) José explica que si un móvil viaja en línea recta a 100 km/h y conserva esta misma magnitud de velocidad, su aceleración vale cero.
9. ( ) Carlos comenta que en realidad, el sistema de referencia absoluto sí existe.
10. ( ) Enriqueta argumenta que en un movimiento rectilíneo uniforme la relación $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ es constante.

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) intercambia con un(a) compañero(a), las respuestas que dieron a la evaluación formativa. Lean sus respectivas respuestas, corríjanse e intercambien experiencias y aprendizajes adquiridos. Si tienen dudas, consulten a su profesor(a).

Portafolio de evidencias

Enriquece tu portafolio de evidencias

- Guarda en tu carpeta física o en la carpeta que creaste en tu computadora, las ideas clave referentes a la caída libre de los objetos, así como el guión para la exposición de la actividad experimental que diseñaron. Tu profesor(a) te indicará cuándo debes mostrarle tu carpeta física o enviarle tu carpeta por correo electrónico.

Situación didáctica ¿Cómo lo resolverías?

¿Qué deportes practicas o conoces en los cuales se realizan movimientos de tiro parabólico?, ¿Qué cuerpos realizan movimientos circulares uniformes y acelerados y cuáles son sus características?

Secuencia didáctica ¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de acciones que debes seguir para responder la pregunta formulada en la situación didáctica.

1. Efectúa la lectura que aparece en tu libro de texto, correspondiente a: "Tiro parabólico", "Tiro parabólico horizontal", "Tiro parabólico oblicuo", "Movimiento circular uniforme y uniformemente acelerado".
2. Identifica las ideas clave y escríbelas en tu cuaderno o en la carpeta creada en tu computadora.

Rúbrica ¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Criterios que debes considerar para resolver la pregunta correspondiente a la situación didáctica y que serán de utilidad para que tú y tu profesor(a) puedan evaluar y valorar tu desempeño.

1. Identifica las características del a) tiro parabólico, horizontal y oblicuo, b) movimiento circular uniforme y uniformemente acelerado.
2. Señala en qué situaciones se observa el tiro parabólico, ya sea en los deportes o en tu vida cotidiana, y cuándo se realiza un movimiento circular uniforme y uno uniformemente acelerado.
3. Participa comentando con tus compañeros(as), cuáles son las características del tiro parabólico, del circular uniforme, y en qué situaciones se presentan. Intercambia ideas, experiencias y conocimientos, de tal manera que se fortalezca tu aprendizaje.

Autoevaluación

Con el propósito de que reflexiones acerca de los resultados obtenidos después de resolver la pregunta formulada en la situación didáctica, responde lo siguiente.

1. Puedo explicar las características del tiro parabólico horizontal y oblicuo, mediante los siguientes ejemplos observables en mi entorno (escríbelos para cada tiro).

2. Los deportes que practico y en los cuales se observa el tiro parabólico son (escríbelos). Los deportes que conozco y en los que se observa el tiro parabólico son (escríbelos).

3. Puedo explicar con ejemplos prácticos el movimiento circular uniforme y el uniformemente acelerado (explícalos).

4. He podido constatar la aplicación que la física tiene en mi vida cotidiana, y puedo señalar lo siguiente (señálalo).

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), intercambia la autoevaluación con un compañero o compañera. Lean sus respectivas respuestas, corríjanse e intercambien ideas, experiencias y aprendizajes adquiridos, de tal manera que fortalezcan su aprendizaje. Consulten a su profesor(a) en caso de duda.

Portafolio de evidencias

Enriquece tu portafolio de evidencias

- Guarda en tu carpeta física o la carpeta que creaste en tu computadora, las ideas clave referentes al tiro parabólico horizontal y oblicuo, así como del movimiento circular uniforme y uniformemente acelerado. Tu profesor(a) te indicará cuándo debes mostrarle tu carpeta física o enviarle tu carpeta por correo electrónico.

2.3 Movimiento en dos dimensiones

Tiro parabólico

El **tiro parabólico es un ejemplo de movimiento realizado por un objeto en dos dimensiones o sobre un plano**. Algunos ejemplos de objetos cuya trayectoria corresponde a un tiro parabólico son: proyectiles lanzados desde la superficie de la Tierra o desde un avión, el de una pelota de futbol al ser despejada por el portero con un cierto ángulo con respecto al suelo, o el de una pelota de golf al ser lanzada con cierto ángulo respecto al eje horizontal (Fig. 2.29). El movimiento de un objeto es parabólico si su trayectoria es una parábola, es decir, una curva abierta, simétrica respecto a un eje y con un solo foco.

Para su estudio, el tiro parabólico puede considerarse como la combinación de dos movimientos que son un movimiento horizontal uniforme y un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado. En otras palabras, el tiro parabólico es la resultante de la suma vectorial de un movimiento horizontal uniforme y de un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado. El tiro parabólico es de dos tipos, horizontal y oblicuo.



Figura 2.29
La trayectoria de una pelota de golf es un ejemplo de tiro parabólico.

Tiro parabólico horizontal

Se caracteriza por la trayectoria o camino curvo que sigue un objeto al ser **lanzado horizontalmente al vacío, resultado de dos movimientos independientes; un movimiento horizontal** con velocidad constante, y **otro vertical**, el cual se inicia con una velocidad cero y va aumentando en la misma proporción de otro cuerpo si se dejara caer del mismo punto en el mismo instante. La forma de la curva descrita es abierta, simétrica respecto a un eje y con un solo foco, es decir, **una parábola**. Por ejemplo, en la figura 2.30 se grafica el descenso al mismo tiempo de dos pelotas, sólo que la pelota del lado derecho es lanzada con una velocidad horizontal de 15 m/s. Al término del primer segundo, ambas pelotas han recorrido 4.9 m en su caída, sin embargo, la pelota de la derecha también ha avanzado 15 m respecto a su posición inicial. A los dos segundos

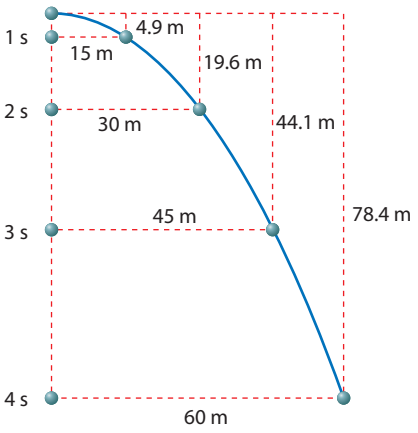


Figura 2.30
Ejemplo de trayectoria seguida por un cuerpo en el tiro parabólico horizontal.

ambas pelotas ya han recorrido 19.6 m en su caída, pero la pelota de la derecha ya lleva 30 m recorridos como resultado de su movimiento horizontal. Si se desea calcular la distancia recorrida en forma horizontal puede hacerse con la expresión: $d = vt$, pues **la pelota lanzada con una velocidad horizontal tendrá una rapidez constante durante su recorrido horizontal e independiente de su movimiento vertical originado por la aceleración de la gravedad durante su caída libre**.

La trayectoria descrita por un proyectil cuya caída se lleva a cabo desde un avión en movimiento, es otro ejemplo de tiro parabólico horizontal. Supongamos que un avión vuela a 250 m/s y deja caer un proyectil, la magnitud de la velocidad adquirida por dicho proyectil, en los diferentes momentos de su caída libre, se puede determinar por medio del método del paralelogramo; para ello, basta representar con vectores sus componentes horizontal y vertical. Al primer segundo de su caída la componente vertical de la velocidad tendrá un valor de 9.8 m/s, mientras la componente horizontal de su velocidad será la misma que llevaba el avión al soltar el proyectil, es decir, 250 m/s. **Trazamos el paralelogramo y obtenemos la resultante de las dos velocidades**. Al instante dos segundos la componente vertical tiene una magnitud de 19.6 m/s y la horizontal, como ya señalamos, conserva su misma magnitud: 250 m/s. Así continuaríamos hasta que el proyectil llegue al suelo. En la figura 2.31 vemos cuáles serían las componentes rectangulares de la velocidad de un cuerpo, el cual sigue una trayectoria parabólica horizontal.

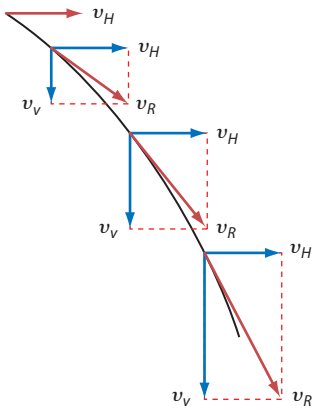


Figura 2.31
Componentes rectangulares de la velocidad resultante (v_R) de un objeto que sigue una trayectoria parabólica horizontal. Se observa cómo la velocidad horizontal (v_H) permanece constante, mientras la velocidad vertical (v_v) aumenta su magnitud durante su caída libre por acción de la gravedad de la Tierra.

Tiro parabólico oblicuo

Se caracteriza por la trayectoria que sigue un objeto cuando es lanzado con una velocidad inicial que forma un ángulo con el eje horizontal. Por ejemplo, la trayectoria seguida por una pelota de voleibol después de recibir el golpe durante el saque inicial,

o el de un balón de futbol al ser despejado por el portero con un cierto ángulo con respecto al eje horizontal, es decir, con respecto al suelo (Fig. 2.32). En la figura 2.33 se muestran las diferentes trayectorias parabólicas que puede seguir un balón de futbol después de ser pateado, de tal manera que se le imprime la misma magnitud de velocidad inicial, pero formando ángulos diferentes con respecto al eje horizontal. En dicha figura se aprecia que cuando el ángulo de tiro es de 20° y de 70°, el alcance horizontal es el mismo. Obsérvese que la suma de 20° + 70° = 90°. Una característica del tiro parabólico oblicuo es que cuando se lanza un objeto con una determinada magnitud de velocidad inicial, tendrá el mismo alcance horizontal, es decir, recorrerá la misma distancia en forma horizontal, con dos ángulos diferentes de tiro, la única condición es que **la suma de dichos ángulos dé un resultado de 90°**. De esta manera, un objeto lanzado con un ángulo de 30° tiene un alcance horizontal igual a un cuerpo lanzado con un ángulo de 60° (30° + 60° = 90°). Un objeto lanzado con un ángulo de 15° tiene un alcance horizontal igual al de un objeto lanzado con ángulo de 75° (15° + 75° = 90°), etcétera. **El alcance máximo horizontal tiene lugar cuando el ángulo de tiro es de 45°**. En conclusión, cuanto mayor es el ángulo de tiro con respecto al eje horizontal, un cuerpo adquiere una mayor altura y durará más tiempo en el aire, sin embargo, al ser menor la magnitud de la componente horizontal de la velocidad inicial, su alcance horizontal también será menor.



Figura 2.32
Ejemplo de tiro parabólico oblicuo.

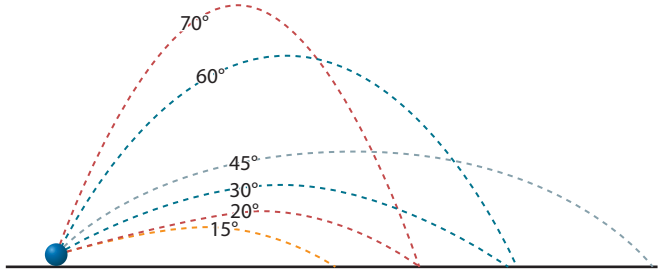
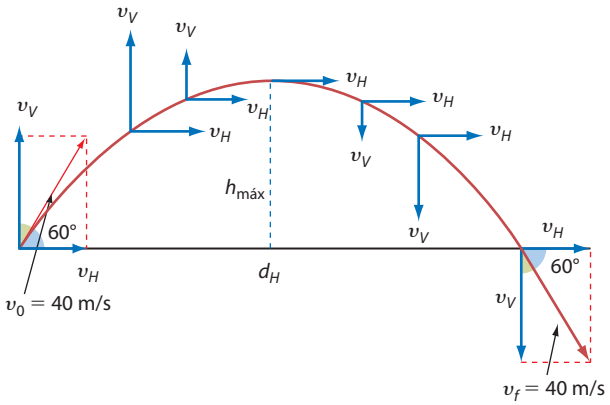


Figura 2.33
El alcance horizontal del objeto es el mismo para los ángulos de 20° y 70°. Asimismo, el alcance horizontal es igual para los ángulos de 30° y 60°. Por tanto, el alcance horizontal de un objeto en tiro parabólico oblicuo, será el mismo con dos ángulos diferentes de tiro, mientras la suma de dichos ángulos dé un resultado de 90°. El alcance máximo horizontal se presenta cuando el ángulo de tiro es de 45°.

Resolución de un problema de tiro parabólico oblicuo

En el siguiente dibujo vemos la trayectoria seguida por una pelota de golf, lanzada con una velocidad de 40 m/s formando un ángulo de 60° con respecto a la horizontal.



Como se puede observar, la pelota inicia su ascenso con una velocidad inicial de 40 m/s y con un ángulo de 60°; si descomponemos esta velocidad en sus componentes rectangulares, encontraremos la magnitud de la velocidad vertical que le posibilita avanzar hacia arriba, como si hubiera sido arrojada en tiro vertical, por esta razón la magnitud de la velocidad disminuye debido a la acción de la gravedad de la Tierra hasta anularse, y la pelota alcanza su altura máxima. Después inicia su descenso y la magnitud de la velocidad vertical comienza a aumentar, tal como sucede en un objeto en caída libre, de manera que al llegar al suelo de nuevo tendrá la misma magnitud de velocidad vertical que tenía al iniciar su ascenso. Por otra parte, la componente horizontal nos indica la magnitud de la velocidad horizontal que le posibilita desplazarse como lo haría un objeto en un movimiento rectilíneo uniforme. Por tal motivo, esta **magnitud de velocidad permanecerá constante todo el tiempo que el objeto dure en el aire**.

Para nuestro ejemplo, las componentes vertical y horizontal de la velocidad tienen una magnitud al inicio de su movimiento de:

$$v_{0_v} = v_0 \operatorname{sen} 60° = 40 \text{ m/s} \times 0.8660$$
$$= \mathbf{34.64\ m/s}$$

$$v_H = v_0 \cos 60° = 40 \text{ m/s} \times 0.5 = \mathbf{20.0\ m/s}$$
(permanece constante)

Una vez calculada la magnitud de la componente inicial vertical de la velocidad (v_v) y utilizando las ecuaciones de tiro vertical vistas

en las secciones **Caída libre y Tiro vertical**, en este libro, podemos determinar con facilidad la altura máxima alcanzada por la pelota, el tiempo que tarda en subir y el tiempo que permanece en el aire; así pues, la magnitud de la velocidad inicial vertical para la pelota de golf será igual a 34.64 m/s. Por tanto, sustituyendo esta magnitud en la ecuación de la altura máxima tenemos:

$$h_{máx} = -\frac{v_{0_v}^2}{2g} = -\frac{(34.64\ \text{m/s})^2}{2\,(-9.8\ \text{m/s}^2)}$$

$$= \mathbf{61.22\ m}$$

Para calcular el tiempo que tarda en subir la pelota hacemos uso de la ecuación correspondiente que se dedujo para el tiro vertical, sustituyendo la magnitud de la componente inicial vertical:

$$t_{(subir)} = -\frac{v_{0_v}}{g} = -\frac{34.64\ \text{m/s}}{-9.8\ \text{m/s}^2} = \mathbf{3.53\ s}$$

El tiempo que dura en el aire es igual al doble del tiempo que tarda en subir:

$$t_{(aire)} = -\frac{2v_{0_v}}{g}$$

por lo que:

$$t_{(aire)} = 2 \times 3.53\ \text{s} = \mathbf{7.07\ s}$$

Para conocer el alcance horizontal d_H de la pelota, debemos considerar que mientras esté en el aire se mueve en esa dirección debido a la magnitud de la componente horizontal de la velocidad, la cual no varía, y en este caso, tiene una magnitud de 20 m/s, por tanto, para calcular d_H emplearemos la expresión:

$$d_H = v_H t_{(aire)} = 20\ \text{m/s} \times 7.07\ \text{s} = \mathbf{141.4\ m}$$

La magnitud del desplazamiento horizontal también puede ser calculada a partir de la siguiente deducción:

$$d_H = v_H t_{(aire)} \qquad (1)$$

$$t_{(aire)} = -\frac{2v_{0_v}}{g} \qquad (2)$$

Sabemos que:

$$v_{0_v} = v_0 \operatorname{sen}\theta \qquad (3)$$

Sustituyendo 2 y 3 en 1:

$$d_H = v_H\left(-\frac{2v_0 \operatorname{sen}\theta}{g}\right) \qquad (4)$$

como:

$$v_H = v_0 \cos\theta \qquad (5)$$

Sustituimos 5 en 4:

$$d_H = -\frac{v_0 \cos\theta\, 2v_0 \operatorname{sen}\theta}{g} \qquad (6)$$

donde:

$$d_H = -\frac{2v_0^2 \cos\theta \operatorname{sen}\theta}{g} \qquad (7)$$

Por trigonometría se demuestra que:

$$2\cos\theta \operatorname{sen}\theta = \operatorname{sen} 2\theta \qquad (8)$$

Sustituyendo 8 en 7 nos queda:

$$\boldsymbol{d_H = -\frac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\theta}{g}} \qquad (9)$$

Sustituyendo valores para la ecuación 9 tenemos:

$$d_H = -\frac{(40\ \text{m/s})^2 \operatorname{sen} 2(60)}{-9.8\ \text{m/s}^2}$$

$$= -\frac{(1\,600\ \text{m}^2/\text{s}^2)\,0.8660}{-9.8\ \text{m/s}^2} = \mathbf{141.4\ m}$$

(resultado igual al anterior).

La ecuación 9 resulta útil cuando se desea hallar el ángulo con el cual debe ser lanzado un proyectil que parte con una determinada magnitud de velocidad para dar en el blanco, siempre y cuando el blanco se localice en el mismo nivel con el cual se lanza el proyectil (ver el ejemplo 3 de la siguiente sección de ejemplos).

En conclusión, debemos considerar un tiro parabólico, ya sea horizontal u oblicuo, como **el resultado de combinar dos movimientos, uno horizontal y otro vertical, que se presentan de manera simultánea**. El movimiento en dirección horizontal se lleva a cabo con una **velocidad constante**, pues carece de aceleración; sin embargo, el movimiento vertical tiene una **aceleración constante** debido a la acción de la gravedad y va dirigida hacia abajo, es decir, perpendicularmente a la superficie de la Tierra. Los dos movimientos no se interfieren entre sí, porque uno es independiente del otro.

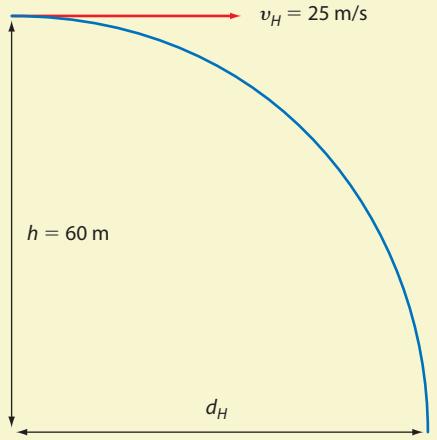
Ejemplo

Tiro parabólico

1. Se lanza una pelota de béisbol horizontalmente a una velocidad de 25 m/s desde una altura de 60 metros.

Calcular

a) El tiempo que tarda en llegar al suelo.



b) La magnitud de la velocidad vertical que lleva a los 2 segundos.

c) La distancia horizontal a la que cae la pelota, a partir del punto desde donde fue arrojada.

Solución

Datos

$v_H = 25\ \text{m/s}$

$h = -60\ \text{m}$

a) $t_{(caer)} = ?$

b) $v_{2s} = ?$

c) $d_H = ?$

Fórmulas

a) $t_{(caer)} = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

b) $v_{2s} = gt$

c) $d_H = v_H t$

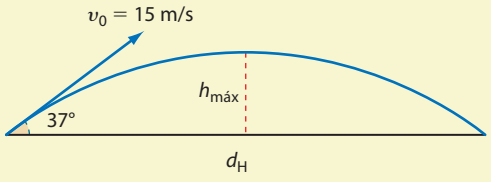
Sustitución y resultados

a) $t_{(caer)} = \sqrt{\dfrac{2(-60\ \text{m})}{-9.8\ \text{m/s}^2}} = \mathbf{3.5\ s}$

b) $v_{2s} = -9.8\ \text{m/s}^2 \times 2\ \text{s} = \mathbf{-19.6\ m/s}$

c) $d_H = 25\ \text{m/s} \times 3.5\ \text{s} = \mathbf{87.5\ m}$

2. Un futbolista le pega a una pelota con un ángulo de 37° con respecto al plano horizontal, comunicándole una velocidad inicial cuya magnitud es de 15 m/s.



Calcular

a) El tiempo que dura la pelota en el aire.

b) La altura máxima alcanzada.

c) El alcance horizontal de la pelota.

Solución

Datos

$v_0 = 15\ \text{m/s}$

$\theta = 37°$

$t_{(aire)} = ?$

$h_{máx} = ?$

$d_H = ?$

Fórmulas

$v_{0v} = v_0 \operatorname{sen}\theta$

$v_H = v_0 \cos\theta$

a) $t_{(aire)} = -\dfrac{2v_{0_v}}{g}$

b) $h_{máx} = -\dfrac{v_{0_v}^2}{2g}$

c) $d_H = v_H t_{(aire)}$

Sustitución y resultados

$v_{0_v} = v_0 \operatorname{sen}\theta = 15\ \text{m/s} \times 0.6018 = 9.027\ \text{m/s}$

$v_H = v_0 \cos\theta = 15\ \text{m/s} \times 0.7986 = 11.979\ \text{m/s}$

a) $t_{(aire)} = -\dfrac{2v_{0_v}}{g} = -\dfrac{2 \times 9.027\ \text{m/s}}{-9.8\ \text{m/s}^2} = \mathbf{1.842\ s}$

b) $h_{máx} = -\dfrac{v_{0_v}^2}{2g} = -\dfrac{(9.027\ \text{m/s})^2}{2(-9.8\ \text{m/s}^2)} = \mathbf{4.157\ m}$

c) $d_H = v_H t_{(aire)} = 11.979\ \text{m/s} \times 1.842\ \text{s} = \mathbf{22.06\ m}$

3. Una bala es lanzada con una velocidad inicial cuya magnitud es de 200 m/s, si se desea que dé en un blanco localizado a 2 500 m, calcular:

a) El ángulo con el cual debe ser lanzado.

b) El tiempo que tarda en llegar al blanco.

Solución

Datos

$v_0 = 200\ \text{m/s}$

$d_H = 2\,500\ \text{m}$

a) $\theta = ?$

b) $t_{(aire)} = ?$

Fórmulas

a) $d_H = -\dfrac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\theta}{g}$ ∴

$-\operatorname{sen} 2\theta = \dfrac{d_H g}{v_0^2}$

b) $t_{(aire)} = -\dfrac{2v_{0_v}}{g}$

$v_{0v} = v_0 \operatorname{sen}\theta$

Sustitución y resultados

a) $-\text{sen}\,2\theta = \dfrac{2\,500\text{ m}\,(-9.8\text{ m/s}^2)}{(200\text{ m/s})^2}$

$\text{sen}\,2\theta = 0.6125$

$2\theta =$ ángulo cuyo seno es 0.6125

$\text{sen}^{-1}\,0.6125$, de donde:

$2\theta = 37.77°$

$\theta = \dfrac{37.77°}{2} \therefore$

$\boldsymbol{\theta = 18.9° = 18°54'}$

b) $t_{(\text{aire})} = -\dfrac{2v_{0_v}}{g}$

$v_{0v} = v_0\,\text{sen}\,18.9°$

$= 200\text{ m/s} \times 0.3239 = 64.8\text{ m/s}$

$t_{(\text{aire})} = -\dfrac{2 \times 64.8\text{ m/s}}{-9.8\text{ m/s}^2} = \mathbf{13.22\,s}$

Ejercicios

1. Una piedra es lanzada horizontalmente desde una ventana con una velocidad inicial cuya magnitud es de 10 m/s y cae al suelo después de 5 segundos.

   Calcula

   a) ¿A qué altura se encuentra la ventana?

   b) ¿A qué distancia cae la piedra de la base del edificio?

2. Una bala es lanzada con una velocidad inicial de 400 m/s y un ángulo de elevación de 35°.

   Calcula

   a) El tiempo que dura en el aire.

   b) La altura máxima alcanzada por la bala.

   c) El alcance horizontal de la bala.

3. Calcula el ángulo de elevación con el cual debe ser lanzada una bala que parte a una velocidad cuya magnitud es de 350 m/s para batir un blanco situado al mismo nivel que el arma y a 4 000 m de distancia.

4. Un avión vuela horizontalmente con una velocidad cuya magnitud es de 800 km/h y deja caer un proyectil desde una altura de 500 m con respecto al suelo.

   Calcula

   a) ¿Cuánto tiempo transcurre antes de que el proyectil se impacte en el suelo?

   b) ¿Qué distancia horizontal recorre el proyectil después de iniciar su caída?

5. El portero de un equipo de futbol patea un balón con una velocidad inicial de 22 m/s y con un ángulo de 40° con respecto al eje horizontal.

   Calcula

   a) La altura máxima alcanzada por la pelota.

   b) El alcance horizontal de la pelota.

Actividad experimental 7

Tiro parabólico

Objetivo

- Identificar experimentalmente el tiro parabólico como un movimiento en dos dimensiones.

Consideraciones teóricas

El tiro parabólico es un ejemplo de movimiento realizado por un cuerpo en dos dimensiones o sobre un plano. Algunos casos de cuerpos cuya trayectoria corresponde a un tiro parabólico son proyectiles lanzados desde la superficie de la Tierra o desde un avión, el de una pelota de futbol al ser despejada por un jugador, o el de una pelota de golf al ser lanzada con cierto ángulo respecto al eje horizontal. El tiro parabólico es la resultante de la suma vectorial de un movimiento horizontal uniforme y de un movimiento vertical rectilíneo uniformemente variado. El tiro parabólico es de dos tipos: a) ***Tiro parabólico horizontal.*** Se caracteriza por la trayectoria de un cuerpo al ser lanzado en forma horizontal al vacío. El camino seguido es curvo, resultado de dos movimientos independientes: uno horizontal con magnitud de velocidad constante y otro vertical, el cual se inicia con una velocidad cero y va aumentando la magnitud de su velocidad en la misma proporción de otro cuerpo que se dejara caer del mismo punto en el mismo instante. La forma de la curva descrita es abierta, simétrica respecto a un eje y con un solo foco, es decir, una parábola, b) ***Tiro parabólico oblicuo.*** Se caracteriza por la trayectoria seguida por un cuerpo cuando es lanzado a una velocidad inicial que forma un ángulo con el eje horizontal, tal es el caso de la trayectoria de una pelota de futbol al ser despejada por el portero. El alcance horizontal de un cuerpo en tiro parabólico oblicuo, será el mismo con dos ángulos diferentes de tiro, mientras la suma de dichos ángulos dé un resultado de 90°. El alcance máximo horizontal se presenta cuando el ángulo de tiro es de 45°.

Material

- Un riel metálico
- Una regla graduada
- Una tabla de madera

- Hojas de papel blanco
- Un soporte metálico con pinzas de sujeción
- Hojas de papel carbón
- Una esfera de acero
- Una cinta adhesiva

Procedimiento

1. Monta un dispositivo como el que se muestra en la figura 2.34. Para ello, coloca y sujeta el riel metálico por su extremo superior, y cuida que el extremo inferior del riel coincida con el borde u orilla de la mesa.
2. Cubre la tabla de madera con hojas de papel blanco y después coloca encima de ellas varias hojas de papel carbón. Así, cuando la esfera de acero se impacte en el bloque de madera, dejará una marca en el papel blanco debido al papel carbón sobrepuesto.
3. Acerca la tabla al extremo inferior del riel y señala con una marca horizontal la posición vertical u origen que tendrá la esfera de acero al iniciar su caída libre. Esto es, la raya horizontal se marcará en la tabla a la altura del centro de la esfera cuando ésta se encuentre en el punto donde iniciará su caída libre.
4. Coloca la tabla de madera a una distancia horizontal (X) de 20 cm del borde de la mesa y deja rodar la esfera de acero por el riel desde un punto elegido de antemano. Marca dicho punto, pues éste deberá ser el mismo que utilices para soltar la esfera metálica en los siguientes impactos.
5. Una vez que la esfera metálica se impacte en la madera al colocarla a 20 cm del borde de la mesa, sigue alejando la tabla ahora a 40 cm, después a 60 cm, 80 cm y finalmente a 100 cm del borde de la mesa. En todos los casos suelta la esfera metálica desde el mismo punto que escogiste y marcaste en el riel. Recuerda, la esfera metálica recorrerá distancias iguales, medidas horizontalmente, en intervalos iguales de tiempo, pues **en un tiro parabólico el movimiento horizontal se realiza a velocidad constante**.
6. Retira el papel carbón y mide las alturas verticales descendidas por la esfera metálica, a partir del punto marcado como posición vertical inicial u origen al momento de iniciar su caída libre. Escribe en el cuadro 2.6 los valores de la altura vertical que descendió la esfera al alejar horizontalmente la tabla 20, 40, 60, 80 y 100 cm. No olvides que el cuerpo está cayendo y, por tanto, el valor de Y es negativo. Además, las distancias siempre se miden desde la posición considerada como inicial y no de marca a marca.

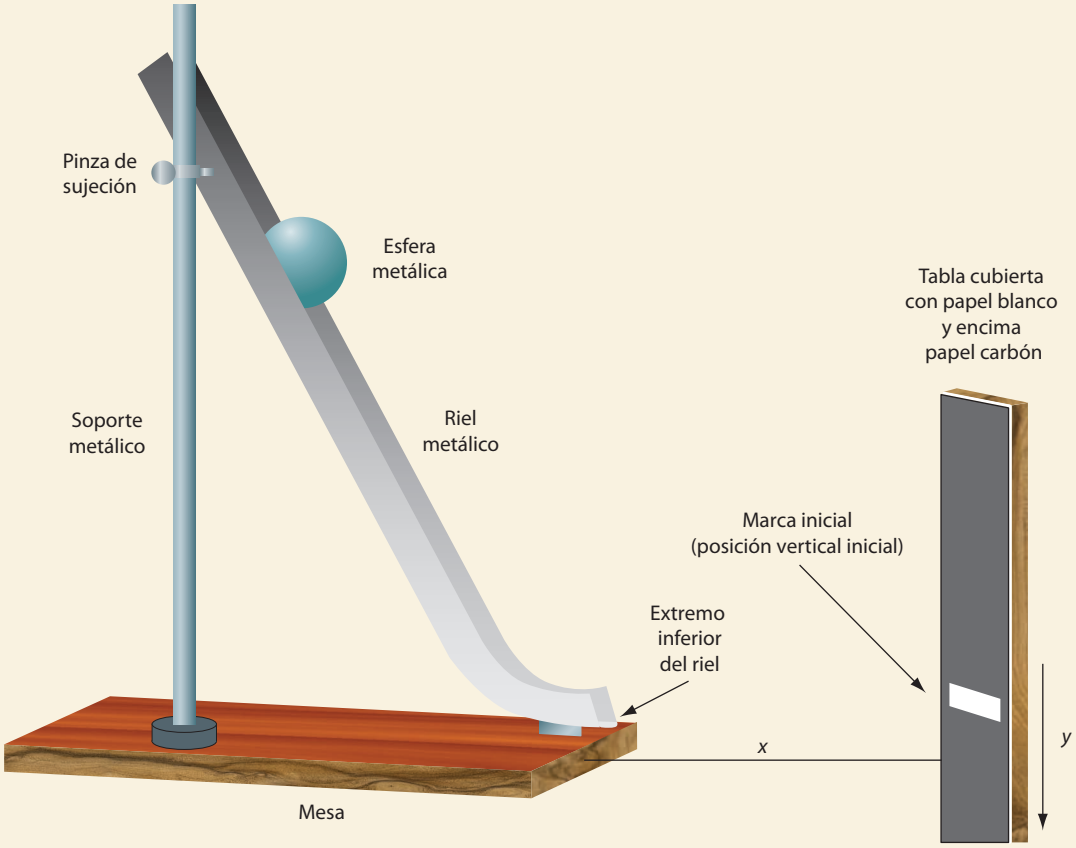


Figura 2.34
Dispositivo para analizar un tiro parabólico.

7. Con los datos del cuadro 2.6 construye en el espacio que está abajo de dicho cuadro, una gráfica de *Y* contra *X* y une los puntos obtenidos.

Cuadro 2.6 Distancias verticales (experimentales)

Distancia horizontal *X* (cm)	Distancia vertical medida desde el punto inicial de descenso *Y* (cm)
0	
20	
40	
60	
80	
100	



Cuestionario

1. ¿Existe evidencia de que la esfera de acero sufre una aceleración constante durante su caída? Justifica tu respuesta.

2. ¿Qué interpretación física le das a la gráfica obtenida de *Y vs X*?

3. ¿Cómo se interpreta el principio de independencia del movimiento horizontal y del movimiento vertical seguido por la esfera de acero?

4. Describe el comportamiento de dos esferas que caen libremente desde la misma altura y al mismo tiempo, pero una se suelta y la otra recibe un impulso horizontal.

5. Explica con tus propias palabras lo que representa un tiro parabólico.

Retroalimentación de la actividad experimental 7

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto:

A la pregunta 1 de la actividad experimental 7 Tiro parabólico, seguramente respondiste en los siguientes términos: la evidencia de que la esfera de acero sufre una aceleración constante durante su caída, se obtiene al observar que las alturas verticales descendidas por la esfera metálica son mayores entre sí, cada vez que se aleja la tabla 20 cm más. A la pregunta 2 respondiste que la gráfica de los valores de la distancia horizontal y la distancia vertical que señalan la trayectoria o camino curvo que sigue la esfera al ser lanzada horizontalmente al vacío, es el resultado de dos movimientos independientes; un movimiento horizontal con velocidad constante y otro vertical, el cual se inicia con una velocidad cero y va aumentando su magnitud en la misma proporción de otro cuerpo que se dejara caer verticalmente del mismo punto en el mismo instante. A la pregunta 3, debiste responder más o menos así: el principio de independencia del movimiento horizontal y del movimiento vertical seguido por la esfera de acero, se manifiesta porque la esfera lanzada con una velocidad horizontal tendrá una rapidez constante durante su recorrido horizontal, que será independiente de su movimiento vertical originado por la aceleración de la gravedad durante su caída libre. A la pregunta 4 debiste responder que el comportamiento de dos esferas que caen libremente desde la misma altura y al mismo tiempo, pero una se suelta y la otra recibe un impulso horizontal, se manifiesta de la siguiente manera: al primer segundo, ambas esferas han recorrido 4.9 m en su caída; sin embargo, la esfera que recibe un impulso horizontal deberá avanzar una distancia horizontal que será proporcional a la magnitud de la velocidad horizontal que lleva; al segundo segundo, ambas esferas ya

han recorrido 19.6 m en su caída, pero la esfera con velocidad horizontal, ya recorrió el doble de la distancia horizontal, y así sucesivamente. Finalmente, a la pregunta 5, respondiste que el tiro parabólico es un ejemplo de movimiento realizado por un cuerpo en dos dimensiones o sobre un plano, y para su estudio se puede considerar como la combinación de dos movimientos que son un movimiento horizontal uniforme y un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado.

Movimiento circular uniforme (MCU) y movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA)

Movimiento circular

Un cuerpo describe un **movimiento circular** cuando su trayectoria es una circunferencia. En este movimiento el vector velocidad varía constantemente de dirección, y su magnitud puede variar o permanecer constante. Por tanto, en un movimiento circular un cuerpo se puede mover con rapidez constante o no, pero su aceleración formará siempre un ángulo recto (90°) con su velocidad y se desplazará formando un círculo. La aceleración que recibe el cuerpo está dirigida hacia el centro del círculo y recibe el nombre de aceleración normal, radial o centrípeta. El **movimiento circular** se efectúa en un mismo plano y es el movimiento más sencillo en dos dimensiones.

En nuestra vida cotidiana observamos diferentes objetos o cuerpos físicos describiendo movimientos circulares, tal es el caso de una persona que se sube a la rueda de la fortuna (Fig. 2.35), una niña que disfruta de un carrusel, o una piedra atada al extremo de una cuerda y que se hace girar.

Diferencia entre un movimiento circular y uno de rotación

Es importante señalar que el **movimiento circular** es un caso particular del movimiento de traslación de un cuerpo, ya que el eje de giro está fuera de dicho cuerpo, como se observa en cualquier persona que se mueve describiendo círculos en una rueda de la fortuna. Sin embargo, el eje de giro está en el centro de la rueda de la fortuna. No sucede así en el **movimiento de rotación** de un cuerpo rígido en donde el eje de giro se localiza dentro del cuerpo rígido. Tal es el caso de la rotación de un disco compacto, la rueda de un molino, un carrusel o la de nuestro planeta.

Las expresiones matemáticas del movimiento circular se expresan, generalmente, con magnitudes angulares como el desplazamiento angular, la velocidad angular y la aceleración angular.

En el movimiento circular de un cuerpo resulta práctico considerar que el origen del sistema de referencia se encuentra en el centro de su trayectoria circular. Para estudiar este movimiento es necesario



Figura 2.35
Cuando la rueda de la fortuna se pone en movimiento, las personas experimentan un movimiento circular, ya que su trayectoria es una circunferencia.

recordar conceptos ya mencionados, como son desplazamiento, tiempo, velocidad y aceleración. Pero además, debemos introducir los conceptos de ángulo y radián.

Ángulo

Es la abertura comprendida entre dos radios cualesquiera, que limitan un arco de circunferencia.

Radián

Es el ángulo central al que corresponde un arco de longitud igual al radio (Fig. 2.36). La equivalencia de un radián en grados sexagesimales se determina sabiendo que:

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ \;\therefore\; 1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.3^\circ = 57^\circ 18'$$

Vector de posición y desplazamiento angular

Si observamos el movimiento de un objeto colocado encima de un disco que gira, podemos precisar su posición si tomamos como origen del sistema de referencia al centro de la trayectoria circular. De esta forma, el vector que nos indicará su posición para cada intervalo de tiempo se encontrará determinado por el radio de la circunferencia, mismo que permanece constante. Por tanto, **el vector de posición tendrá una magnitud constante y su dirección será la**

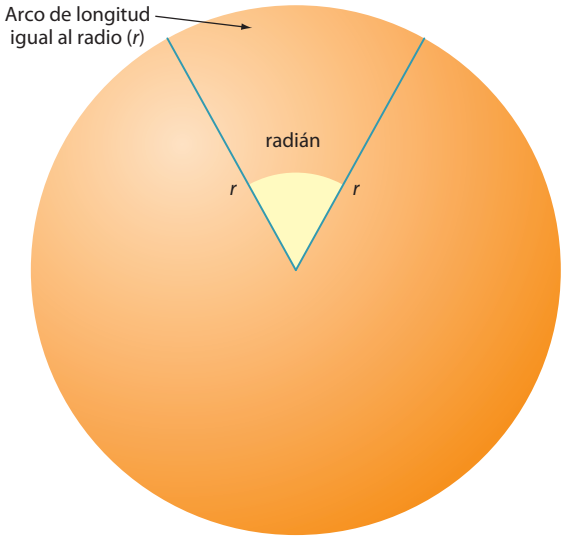


Figura 2.36
Un radián equivale a 57.3° = 57° 18′ y es el ángulo central al que corresponde un arco de longitud igual al radio.

misma que tenga el radio de la circunferencia. Cuando el objeto colocado sobre el disco se desplace, su cambio de posición se podrá expresar mediante desplazamientos del vector de posición, lo cual dará lugar a desplazamientos angulares. Por tanto, **el desplazamiento angular es la magnitud física que cuantifica la magnitud de la rotación que experimenta un objeto de acuerdo con su ángulo de giro** (Figs. 2.37 y 2.38). El desplazamiento angular se representa por la letra griega θ (theta) y sus unidades de medida son el radián cuando el sistema usado es el internacional, así como grados sexagesimales y revoluciones que son unidades prácticas. **El grado sexagesimal** es aquel que tiene por base el número 60. La circunferencia tiene 360 grados sexagesimales, cada uno de los cuales se subdivide en 60 minutos, y éstos en 60 segundos. **Una revolución** se efectúa cuando un objeto realiza una vuelta completa alrededor de un eje de rotación. **Una revolución es igual a 360° = 2 π rad.**

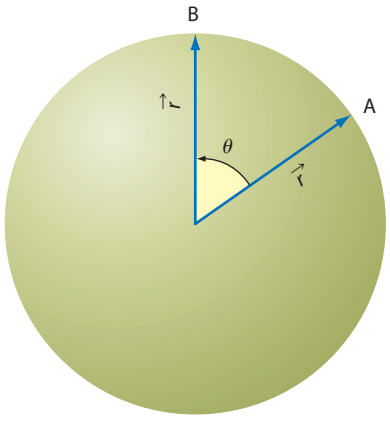


Figura 2.37
Al pasar de una posición inicial A a una posición final B, un objeto experimenta un desplazamiento angular θ que se mide en radianes, grados sexagesimales o en revoluciones.

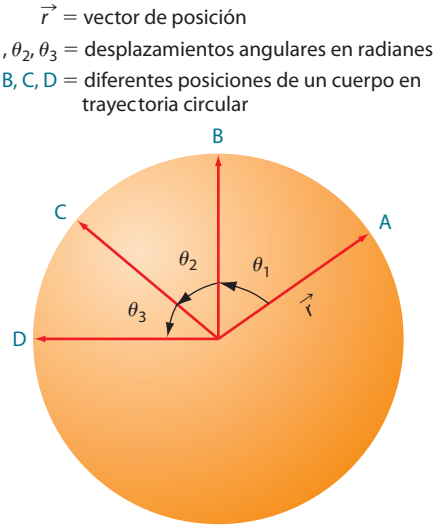


Figura 2.38
Al pasar un cuerpo por las diferentes posiciones A, B, C y D experimenta los correspondientes desplazamientos angulares representados por θ_1, θ_2 y θ_3.

Periodo y frecuencia

Periodo

Es el tiempo que tarda un objeto en dar una vuelta completa o en completar un ciclo. En el Sistema Internacional, la unidad del periodo es el segundo. Es decir:

$$T = \frac{\text{segundos transcurridos}}{\text{1 ciclo}}$$

Frecuencia

Es el número de vueltas, revoluciones o ciclos que efectúa un móvil en un segundo.

$$f = \frac{\textbf{número de ciclos}}{\textbf{1 segundo}}$$

Nota: En ocasiones, se suele escuchar que se expresa el número de vueltas o revoluciones que realiza un móvil en un minuto (RPM), tal es el caso de los antiguos discos de acetato que utilizaba un fonógrafo que gira a 33 1/3 RPM. Si deseamos conocer su frecuencia, debemos transformar sus revoluciones por minuto a revoluciones por segundo.

Como se puede observar, **el periodo equivale al inverso de la frecuencia y la frecuencia al inverso del periodo**. Por tanto:

$$T = \frac{1}{f} \text{ en } \frac{\text{s}}{\text{ciclo}}$$

$$f = \frac{1}{T} \text{ en } \frac{\text{ciclo}}{\text{s}}$$

El ciclo/s recibe el nombre de hertz (Hz).

Velocidad angular

La magnitud de la velocidad angular representa el cociente entre la magnitud del desplazamiento angular de un objeto y el tiempo que tarda en efectuarlo:

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

donde: ω = magnitud de la velocidad angular en rad/s.
θ = magnitud del desplazamiento angular en rad.
t = tiempo en que se efectúa el desplazamiento en segundo (s).

La magnitud de la velocidad angular se puede expresar en función de los cambios en su desplazamiento angular con respecto al cambio en el tiempo, de la siguiente forma:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

La magnitud de la velocidad angular también se puede determinar si se conoce su periodo (T) es decir, el tiempo que tarda en dar una vuelta completa o una revolución (360° = 2π radianes). La expresión que se utiliza es:

$$\omega = \frac{2\,\pi \text{ rad}}{T} = \frac{2\pi}{T} \text{ en rad/s}$$

como: $T = 1/f$ la velocidad angular también se puede determinar por:

$$\omega = 2\pi f \text{ en rad/s}$$

Velocidad angular media

Cuando la velocidad angular de un objeto no es constante o uniforme, podemos determinar la magnitud de la velocidad angular media al conocer las magnitudes de la velocidad angular inicial y su velocidad angular final:

$$\omega_m = \frac{\omega_f + \omega_0}{2}$$

donde: ω_m = magnitud de la velocidad angular media en rad/s
ω_f = magnitud de la velocidad angular final en rad/s
ω_0 = magnitud de la velocidad angular inicial en rad/s

Velocidad lineal o tangencial

Cuando un objeto se encuentra girando, cada una de las partículas del mismo se mueve a lo largo de la circunferencia descrita por él con una velocidad lineal cuya magnitud será mayor, a medida que aumenta el radio de la circunferencia. Esta **velocidad lineal** también recibe el nombre de **tangencial**, porque la dirección de la velocidad siempre es tangente a la circunferencia recorrida por la partícula y **representa la magnitud de la velocidad que llevaría ésta si saliera disparada tangencialmente** como puede observarse en la figura 2.39.

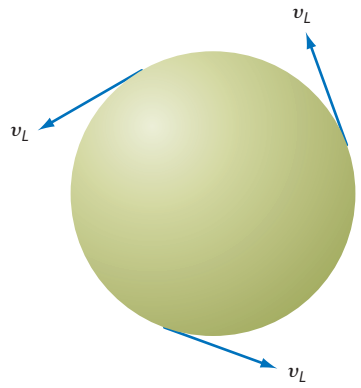


Figura 2.39
La velocidad tangencial o lineal representa la velocidad que llevará un cuerpo al salir disparado en forma tangencial a la circunferencia que describe.

Para calcular la magnitud de la velocidad tangencial o lineal se usa la ecuación:

$$v_L = \frac{2\pi r}{T}$$

donde: r = radio de la circunferencia en metros (m)
T = periodo en segundos (s)
v_L = magnitud de la velocidad lineal en m/s

Como $\omega = \frac{2\pi}{T}$, la magnitud de la velocidad lineal puede escribirse así:

$$v_L = \omega r$$

donde v_L = magnitud de la velocidad lineal o tangencial en m/s
ω = magnitud de la velocidad angular rad/s
r = radio de la circunferencia en metros (m)

Movimiento circular uniforme (MCU)

Este movimiento se produce cuando un objeto con **velocidad angular constante** describe **ángulos iguales en tiempos iguales**. El origen de este movimiento se debe a una fuerza de magnitud constante, cuya acción es perpendicular a la trayectoria del objeto y produce una aceleración que afectará sólo la dirección del movimiento, sin modificar la magnitud de la velocidad, es decir, la rapidez que tiene el objeto. Por tanto, en un movimiento circular uniforme **el vector velocidad (velocidad lineal o tangencial) mantiene constante su magnitud**, pero no su dirección, toda vez que ésta siempre se conserva tangente a la trayectoria del cuerpo.

Interpretación de gráficas magnitud del desplazamiento angular-tiempo y magnitud de la velocidad angular-tiempo en el MCU

Como los movimientos rectilíneo uniforme y circular uniforme son muy similares, la interpretación de gráficas para el movimiento circular uniforme (MCU), será semejante a la realizada en el movimiento rectilíneo uniforme. Sin embargo, es conveniente recordar que uno tiene una trayectoria circular y el otro una trayectoria rectilínea. Además, en el movimiento rectilíneo uniforme un cuerpo móvil sigue una trayectoria en línea recta, recorriendo distancias iguales en cada unidad de tiempo, por lo que la velocidad y su magnitud, es decir, la rapidez permanece constante. En cambio **en el movimiento circular uniforme, sólo permanece constante la rapidez, o sea la magnitud de la velocidad lineal o tangencial**, ya que ésta cambia de dirección, misma que siempre será tangente a la circunferencia y, por tanto, perpendicular al radio de la misma como se muestra en la figura 2.40.

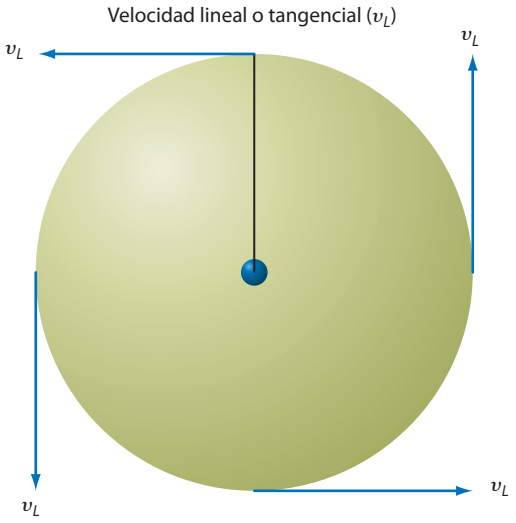


Figura 2.40
La velocidad lineal (v_L) cambia constantemente de dirección, ésta siempre es tangente a la circunferencia y, por tanto, perpendicular al radio de la misma.

Resolución de un problema de interpretación de gráficas para MCU

En el movimiento circular uniforme de un objeto se obtuvieron los datos contenidos en el cuadro 2.7.

1. Graficar la magnitud del desplazamiento angular en función del tiempo, interpretar el significado físico de la pendiente obtenida al unir los puntos y obtener el valor de dicha pendiente.
2. Graficar la magnitud de la velocidad angular del objeto en función del tiempo, e interpretar el significado físico del área obtenida al unir los puntos.

Cuadro 2.7 Datos de un movimiento circular

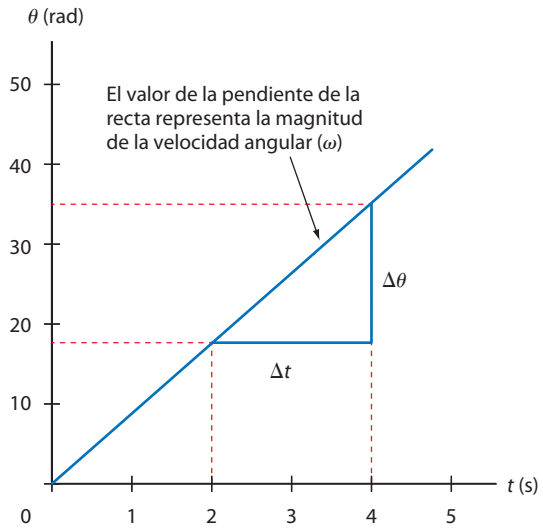
Tiempo (s)	Magnitud del desplazamiento angular θ = (rad)
0	0
1	9
2	18
3	27
4	36
5	45

Solución

1. Cálculo de la pendiente de la recta:

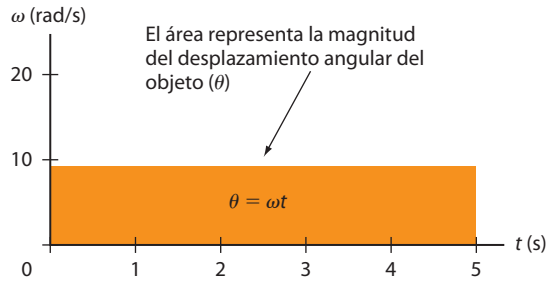
$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{36\text{ rad} - 18\text{ rad}}{4\text{ s} - 2\text{ s}}$$

$$\omega = \frac{18\text{ rad}}{2\text{ s}} = \mathbf{9\ rad/s}$$



Como se observa, la pendiente de la recta obtenida representa la magnitud de la velocidad angular, cuyo valor permanece constante, igual a 9 rad/s.

2. Como la velocidad angular no cambia en su magnitud, graficamos el mismo valor para cada segundo.



Como se puede apreciar, en la gráfica magnitud de la velocidad angular en función del tiempo, si la magnitud de la velocidad angular permanece constante se obtiene una línea recta paralela al eje *t*. Para cualquier tiempo el área del rectángulo representa el producto ωt, el cual equivale a la magnitud del desplazamiento angular realizado por el objeto. Por tanto, el desplazamiento angular realizado en un tiempo de 5 segundos con una velocidad angular de 9 rad/s será de:

$$\theta = \omega t = 9 \text{ rad/s} \times 5 \text{ s} = \mathbf{45 \text{ rad}}$$

Ejemplos

Movimiento circular uniforme

1. Una niña subida en una rueda de la fortuna, tiene una trayectoria circular y recorre 3 600°. ¿Cuántos radianes fueron?

Solución

De la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ rad} = 57.3°$$

Obtenemos el factor de conversión, mismo que se multiplicará por 3 600°, es decir:

$$3\,600° \times \frac{1 \text{ rad}}{57.3°} = \mathbf{62.83 \text{ radianes}}$$

2. Un objeto A recorrió 515 radianes y un objeto B recorrió 472 radianes. ¿A cuántos grados equivalen los radianes en cada caso?

Soluciones

$$\text{Cuerpo A: } 515 \text{ rad} \times \frac{57.3°}{1 \text{ rad}} = \mathbf{29\,509.5°}$$

$$\text{Cuerpo B: } 472 \text{ rad} \times \frac{57.3°}{1 \text{ rad}} = \mathbf{27\,045.6°}$$

3. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad angular de una llanta de un camión que gira desplazándose 12 rad en 0.5 segundos?

Datos

$\omega = ?$

$\theta = 12 \text{ rad}$

$t = 0.5 \text{ s}$

Fórmula

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

Sustitución y resultado

$$\omega = \frac{12 \text{ rad}}{0.5 \text{ s}} = \mathbf{24 \text{ rad/s}}$$

4. Determina la magnitud de la velocidad angular y la frecuencia de una pelota atada a un hilo, si gira con un periodo de 0.6 s.

Datos

$\omega = ?$

$f = ?$

$T = 0.6 \text{ s}$

Fórmula

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Sustitución y resultados

$$\omega = \frac{2 \times 3.14}{0.6 \text{ s}} = \mathbf{10.47 \text{ rad/s}}$$

$$f = \frac{1}{0.6 \text{ s}} = \mathbf{1.67 \text{ ciclos/s}}$$

5. Halla la magnitud de la velocidad angular y el periodo de una rueda que gira con una frecuencia de 430 revoluciones por minuto.

Datos

$\omega = ?$

$T = ?$

$f = 430 \text{ rpm}$

Fórmula

$$\omega = 2\pi f$$

$$T = \frac{1}{f}$$

Sustitución y resultados

$$430 \text{ rpm} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 7.17 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 \times 3.14 \times 7.17 = \mathbf{45 \text{ rad/s}}$$

$$T = \frac{1}{7.17 \text{ rev/s}} = \mathbf{0.139 \text{ s/rev}}$$

6. Determina la magnitud de la velocidad angular de una rueda de esmeril de 810 rpm, así como la magnitud de su desplazamiento angular, si su movimiento duró 2 minutos.

Datos

$\omega = ?$

$\theta = ?$

$f = 810$ rpm

$t = 2$ min $= 120$ s

Fórmulas

$\omega = 2\pi f$

$\theta = \omega t$

Sustitución y resultados

$$810 \text{ rpm} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 13.5 \text{ rev/s} = 13.5 \text{ ciclos/s}$$

Nota: 1 rev/s = 1 ciclo/s = 1 hertz = 1 Hz

$\omega = 2 \times 3.14 \times 13.5$ ciclos/s $=$ **84.78 rad/s**

$\theta = 84.78$ rad/s $\times 120$ s $=$ **10 173.6 rad**

7. Calcula la magnitud de la velocidad lineal de una partícula cuyo radio de giro es de 25 cm y tiene un periodo de 0.01 s. Dar el resultado en cm/s y m/s.

Datos

$v_L = ?$

$r = 25$ cm

$T = 0.01$ s

Fórmula

$$v_L = \frac{2\pi r}{T}$$

Sustitución y resultado

$$v_L = \frac{2 \times 3.14 \times 25 \text{ cm}}{0.01 \text{ s}} = 15\,700 \text{ cm/s} = \mathbf{157\ m/s}$$

8. Determina la magnitud de la velocidad lineal de una partícula que tiene una velocidad angular cuya magnitud es de 30 rad/s y su radio de giro es 0.2 m.

Datos

$v_L = ?$

$\omega = 30$ rad/s

$r = 0.2$ m

Fórmula

$v_L = \omega r$

Sustitución y resultado

$v_L = 30$ rad/s $\times 0.2$ m $=$ **6 m/s**

Ejercicios

1. ¿Cuál es la magnitud del desplazamiento angular de una llanta de camión que gira con una velocidad angular cuya magnitud es de 63 rad/s durante 10 s?
2. Una niña se subió a la rueda de la fortuna y recorrió 7 200°. ¿Cuántos radianes recorrió?
3. Una rueda gira desplazándose 20 rad en 0.1 segundos. ¿Cuál es la magnitud de su velocidad angular?
4. Una piedra atada con un hilo con trayectoria circular recorre 750 radianes. ¿A cuántos grados equivalen?
5. Calcula la magnitud de la velocidad angular y el periodo de una rueda que gira con una frecuencia de 1 200 revoluciones por minuto.
6. Determina la magnitud de la velocidad angular y la frecuencia de un rehilete que gira con un periodo de 0.1s.
7. Calcula la magnitud de la velocidad angular de una rueda que gira a 600 RPM, así como la magnitud de su desplazamiento angular, si dura girando 10 minutos.
8. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad lineal de una rueda que tiene una velocidad angular con una magnitud de 40 rad/s y su radio de giro es de 0.15 m?
9. Determina cuál es la magnitud de la velocidad lineal de una llanta de motocicleta que en su movimiento circular tiene un radio de giro de 40 cm y tiene un periodo de 0.012 segundos. Expresa el resultado en m/s.

Para tu reflexión

Medición del tiempo

El hombre ha necesitado siempre saber a qué hora realiza sus actividades, y por ello ha inventado el reloj (Fig. 2.41). Revisemos su desarrollo: el primer reloj del hombre fue la posición del Sol.



Figura 2.41
El hombre inventó el reloj para saber a qué hora debe realizar sus actividades.

El Sol, al recorrer el cielo, produce sombras que varían en cada minuto. Cuando se eleva al Oriente, proyecta una sombra larga hacia el Poniente. Al atardecer cuando desciende al Poniente, la sombra se aleja hacia el Oriente. Es algo que puedes observar cada día.

Los egipcios inventaron el reloj de sol e idearon el de agua, hacia el año 1400 a.C., que consistía en unas vasijas grandes de lados inclinados y agujeros en el fondo. En la parte interna señalaron 12 niveles, de modo que podía medirse en cualquier momento la cantidad de líquido que quedaba en la vasija. De este modo, calcularon con bastante precisión cuánto tiempo había transcurrido desde que se llenó.

Los primeros relojes mecánicos se movían por medio de pesas, las cuales al descender lenta y rítmicamente, hacían girar un tambor. Como las pesas tenían que ser muy grandes para que cumplieran su misión, los relojes mecánicos de entonces se albergaron en grandes torres y campanarios.

El diseño de los relojes y su precisión mejoraron bastante cuando la cuerda desplazó a las pesas a fines del siglo XV. Fueron más pequeños y menos pesados que los anteriores. Pero la cuerda tenía la desventaja de que, a medida que su resorte se desenrollaba, perdía fuerza y las ruedas giraban con más lentitud. Pero los fabricantes corrigieron muy pronto este defecto, y en el siglo XVI se encontraban en muchas casas relojes de reducidas proporciones y bastante exactos.

Se han introducido muchas mejoras en los relojes desde el siglo XVII. Tal vez la más importante sea la utilización de zafiros, diamantes, y más tarde piedras preciosas artificiales, cuyas superficies muy suaves posibilitan que las diferentes partes del reloj se muevan con facilidad, lo cual aumenta su precisión y duración.

A fines del siglo XIX, la fabricación de relojes se convirtió en una industria muy importante. Suiza se hizo célebre en este sentido, aunque muchas naciones como Japón han competido contra ella. Hoy día, puede adquirirse un reloj de pulsera a prueba de agua y de golpes, con calendario y despertador, entre otras cosas.

En fechas recientes se han inventado muchas fuentes de energía en sustitución de la cuerda. En 1957 aparecieron relojes eléctricos de pulsera, provistos de minúsculas baterías, hay otros que toman su energía de los rayos solares. Los de cuarzo reciben impulso de las diminutas vibraciones que emiten los cristales de dicho mineral. Los atómicos, impulsados por el movimiento de átomos y moléculas son los más precisos.

Movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA)

El movimiento circular uniformemente acelerado se presenta cuando **un móvil con trayectoria circular aumenta o disminuye en cada unidad de tiempo la magnitud de su velocidad angular en forma constante, por lo que la magnitud de su aceleración angular permanece constante.**

Velocidad angular instantánea

La magnitud de la velocidad angular instantánea representa la magnitud del desplazamiento angular efectuado por un móvil en un tiempo muy pequeño, que casi tiende a cero.

$$\omega_{inst} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

Aceleración angular media

Cuando durante el movimiento circular de un móvil su velocidad angular no permanece constante, sino que varía, decimos que sufre una **aceleración angular**. Cuando la velocidad angular varía es conveniente determinar cuál es la magnitud de su **aceleración angular media**, misma que se expresa de la siguiente manera:

$$\alpha_m = \frac{\omega_f - \omega_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

donde α_m = magnitud de la aceleración angular media en rad/s^2

ω_f = magnitud de la velocidad angular final en rad/s

ω_0 = magnitud de la velocidad angular inicial en rad/s

Δt = tiempo durante el cual varía la magnitud de la velocidad angular en segundos (s)

Aceleración angular instantánea

Cuando en el movimiento acelerado de un cuerpo que sigue una trayectoria circular, los intervalos de tiempo considerados son cada vez más pequeños, la aceleración angular media se aproxima a una aceleración angular instantánea.

Cuando el intervalo de tiempo es tan pequeño que tiende a cero, la magnitud de la aceleración angular del cuerpo será la instantánea.

$$\alpha_{inst} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

Gráficas de la magnitud del desplazamiento angular-tiempo, magnitud de la velocidad angular-tiempo y magnitud del desplazamiento angular-tiempo al cuadrado, para el MCUA

Al realizar la interpretación de las gráficas para el movimiento circular uniforme, es posible comprobar que tienen la misma interpretación de las gráficas para el movimiento rectilíneo uniforme, con la salvedad de que uno sigue una trayectoria circular y otro una trayectoria rectilínea. De igual manera, al revisar los conceptos de movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA), velocidad angular media e instantánea y aceleración angular media e instantánea, también se puede observar la similitud entre el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) con el circular uniformemente acelerado (MCUA). Por tanto, interpretaremos las gráficas del MCUA, como lo hicimos para el MRUA. Veamos: En una gráfica de la magnitud del desplazamiento angular-tiempo, el valor de **la pendiente de la curva representa la magnitud de la velocidad angular**; en una gráfica magnitud del desplazamiento angular-tiempo al cuadrado, el valor de **la pendiente de la recta representa la mitad de la magnitud de la aceleración angular** $\left(\frac{1}{2}\alpha\right)$. Por último, **el valor de la pendiente de la recta que resulta de graficar la magnitud de la velocidad angular instantánea en función del tiempo representa la magnitud de la aceleración angular del cuerpo.**

Resolución de un problema de interpretación de gráficas para MCUA

En el movimiento circular uniformemente acelerado de un objeto se obtuvieron los datos contenidos en el cuadro 2.8.

Cuadro 2.8 Datos de un movimiento circular uniformemente acelerado

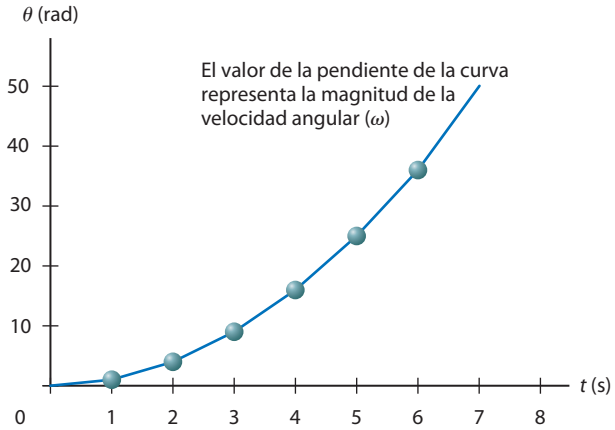
Tiempo (s)	Magnitud del desplazamiento angular θ (radianes)	Magnitud de la velocidad angular instantánea (rad/s)
1	1	2
2	4	4
3	9	6
4	16	8
5	25	10
6	36	12

Con los datos del cuadro 2.8 realiza lo siguiente:

1. Graficar las magnitudes del desplazamiento angular en función del tiempo e interpretar el significado físico de la curva obtenida al unir los puntos.
2. Graficar las magnitudes del desplazamiento angular en función del tiempo elevado al cuadrado e interpretar el significado físico del valor de la pendiente de la recta obtenida al unir los puntos. Determinar el valor de la pendiente.
3. Graficar los datos de la magnitud de la velocidad angular instantánea en función del tiempo y hallar el valor de la pendiente de la recta obtenida al unir los puntos. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente de la recta?

Soluciones

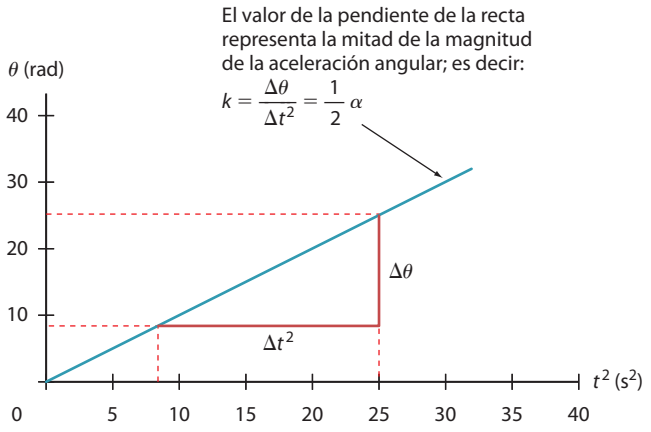
1. Al unir los puntos se obtiene una curva en la cual el valor de la pendiente representa la magnitud de la velocidad angular del móvil, misma que aumenta en forma constante mientras transcurre el tiempo. Esta curva también posibilita conocer que, conforme transcurre el tiempo, la magnitud del desplazamiento angular aumenta.



2. Al graficar la magnitud del desplazamiento angular en función del tiempo al cuadrado encontramos una recta cuyo valor de la pendiente representa la mitad de la magnitud de la aceleración angular. El valor de la pendiente se puede obtener por:

$$k = \frac{\Delta\theta}{\Delta t^2} = \frac{25\text{ rad} - 9\text{ rad}}{25\text{ s}^2 - 9\text{ s}^2}$$

$$= \frac{16\text{ rad}}{16\text{ s}^2} = \mathbf{1\ rad/s^2}$$



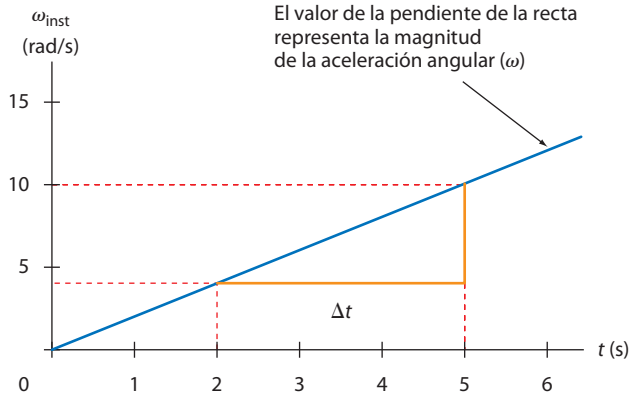
Este resultado representa la mitad de la magnitud de la aceleración angular que tiene el móvil durante su movimiento. Por tanto, la magnitud de la aceleración angular es igual a:

$$\alpha = 2k = 2\ \text{rad/s}^2$$

3. El valor de la pendiente que resulta de graficar las magnitudes de la velocidad angular instantánea en función del tiempo, representa la magnitud de la aceleración angular del objeto, cuya magnitud constante es:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{10\ \text{rad/s} - 4\ \text{rad/s}}{5\text{s} - 2\text{s}}$$

$$= \frac{6\ \text{rad/s}}{3\ \text{s}} = 2\ \text{rad/s}^2$$



Ecuaciones utilizadas en el movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA)

Las ecuaciones empleadas para el movimiento circular uniformemente acelerado son las mismas que se utilizan para el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado con las siguientes variantes.

1. En lugar de magnitud del desplazamiento en metros hablaremos de magnitud del desplazamiento angular en radianes (θ en lugar de d).
2. La magnitud de la velocidad en m/s será sustituida por la magnitud de la velocidad angular en radianes/s (ω en lugar de v).
3. La magnitud de la aceleración en m/s^2 se cambiará por la magnitud de la aceleración angular en radianes/s^2 (α en lugar de a).

En conclusión, las ecuaciones serán:

a) Para calcular la magnitud de los desplazamientos angulares:

1. $\theta = \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$
2. $\theta = \frac{\omega_f^2 - \omega_0^2}{2\alpha}$
3. $\theta = \frac{\omega_f + \omega_0}{2} t$

Si el objeto parte del reposo su velocidad angular inicial (ω_0) es cero, y las tres ecuaciones anteriores se reducen a:

1. $\theta = \frac{\alpha t^2}{2}$
2. $\theta = \frac{\omega_f^2}{2\alpha}$
3. $\theta = \frac{\omega_f}{2} t$

b) Para calcular la magnitud de las velocidades angulares finales:

1. $\omega_f = \omega_0 + \alpha t$
2. $\omega_f^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$

Si el objeto parte del reposo su velocidad inicial (ω_0) es cero, y las dos ecuaciones anteriores se reducen a:

1. $\omega_f = \alpha t$
2. $\omega_f^2 = 2\alpha\theta$

PDF Si deseas profundizar en estos temas, visita nuestra página web www.sali.org.mx donde encontrarás los archivos: "Ejemplo de Movimiento curvilíneo en dos dimensiones.pdf" y "Ejemplo de Movimiento en dos dimensiones.pdf".

Uso de TIC

- Con el propósito de que revises actividades experimentales de movimiento: uniformemente acelerado, circular y parabólico, consulta la siguiente página de Internet:

http://www.slideshare.net/jaimegasca/experimentos-fisica-i

Ejemplos

MCUA

1. La hélice de una turbina adquirió una velocidad angular cuya magnitud es de 8 000 rad/s en 2 s. ¿Cuál fue la magnitud de su aceleración angular?

Solución

Datos

$\omega = 8\,000$ rad/s

$t = 2$ s

$\boldsymbol{\alpha = ?}$

Fórmula

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

Sustitución y resultado

$$\alpha = \frac{8\,000 \text{ rad/s}}{2 \text{ s}} = \mathbf{4\,000 \text{ rad/s}^2}$$

2. Un motor eléctrico incrementó la magnitud de su velocidad angular de 20 rad/s a 120 rad/s en 0.5 s.

Calcular

a) ¿Cuál fue la magnitud de su aceleración media?

b) ¿Cuál fue la magnitud de su desplazamiento angular en ese tiempo?

Solución

Datos

$\omega_0 = 20$ rad/s

$\omega_f = 120$ rad/s

$t = 0.5$ s

a) $\boldsymbol{\alpha_m = ?}$

b) $\boldsymbol{\theta = ?}$

Fórmula

a) $$\alpha_m = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$$

b) $$\theta = \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$$

Sustitución y resultados

a) $$\alpha_m = \frac{120 \text{ rad/s} - 20 \text{ rad/s}}{0.5 \text{ s}} = \mathbf{200 \text{ rad/s}^2}$$

b) $$\theta = 20 \text{ rad/s} \times 0.5 \text{ s} + \frac{200 \text{ rad/s}^2 (0.5 \text{ s})^2}{2}$$

$$= 10 \text{ rad} + 25 \text{ rad} = \mathbf{35 \text{ rad}}$$

3. Determinar la magnitud de la velocidad angular de una hélice a los 0.1 minutos si tenía una velocidad angular inicial con una magnitud de 6 rad/s y presenta una aceleración angular cuya magnitud es de 5 rad/s^2.

Solución

Datos

$\boldsymbol{\omega_f = ?}$

$\omega_0 = 6$ rad/s

$t = 0.1$ min $= 6$ s

$\alpha = 5$ rad/s^2

Fórmula

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$$

Sustitución y resultado

$$\omega_f = 6 \text{ rad/s} + (5 \text{ rad/s}^2 \times 6 \text{ s}) = \mathbf{36 \text{ rad/s}}$$

4. Una llanta de motocicleta gira con una magnitud de velocidad angular inicial de 18.8 rad/s experimentando una aceleración angular cuya magnitud es de 4 rad/s^2 que dura 7 segundos.

Calcular

a) ¿Qué magnitud de desplazamiento angular tiene a los 7 segundos?

b) ¿Qué magnitud de velocidad angular tiene a los 7 segundos?

Solución

Datos

$\omega_0 = 18.8$ rad/s

$t = 7$ s

$\alpha = 4$ rad/s^2

a) $\boldsymbol{\theta = ?}$

b) $\boldsymbol{\omega_f = ?}$

Fórmula

a) $$\theta = \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$$

b) $$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$$

Sustitución y resultados

a) $$\theta = 18.8 \text{ rad/s} \times 7 \text{ s} + \frac{4 \text{ rad/s}^2 (7 \text{ s})^2}{2}$$

$$= 131.6 \text{ rad} + 98 \text{ rad} = \mathbf{229.6 \text{ rad}}$$

b) $$\omega_f = 18.8 \text{ rad/s} + 4 \text{ rad/s}^2 \times 7 \text{ s}$$

$$= 18.8 \text{ rad/s} + 28 \text{ rad/s}$$

$$= \mathbf{46.8 \text{ rad/s}}$$

5. Una rueda que gira a 4 rev/s aumenta su frecuencia a 20 rev/s en 2 segundos. Determinar la magnitud de su aceleración angular.

Solución

Datos

$f_0 = 4$ rev/s

$f_f = 20$ rev/s

$t = 2$ s

$\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{?}$

Fórmula

$\omega_0 = 2\pi f_0$

$\omega_f = 2\pi f_f$

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$$

Sustitución y resultados

$\omega_0 = 2 \times 3.14 \times 4$ ciclo/s $= 25.12$ rad/s

$\omega_f = 2 \times 3.14 \times 20$ ciclo/s $= 125.6$ rad/s

$$\alpha = \frac{125.6 \text{ rad/s} - 25.12 \text{ rad/s}}{2 \text{ s}}$$

$$= \mathbf{50.24\ rad/s^2}$$

6. Una hélice gira inicialmente con una velocidad angular cuya magnitud es de 10 rad/s y recibe una aceleración constante cuya magnitud es de 3 rad/s^2.

Calcular

a) ¿Cuál será la magnitud de su velocidad angular después de 7 segundos?

b) ¿Cuál será la magnitud de su desplazamiento angular a los 7 segundos?

c) ¿Cuántas revoluciones habrá dado a los 7 segundos?

Solución

Datos

$\omega_0 = 10$ rad/s

$\alpha = 3$ rad/s^2

$t = 7$ s

a) $\boldsymbol{\omega_f} = \mathbf{?}$

b) $\boldsymbol{\omega} = \mathbf{?}$

c) **No. de rev.** $= \mathbf{?}$

Fórmula

a) $\omega_f = \omega_0 + \alpha t$

b) $\theta = \omega_0 t + \dfrac{\alpha t^2}{2}$

Sustitución y resultados

a) $\omega_f = 10$ rad/s $+ (3$ rad/s$^2 \times 7$ s$)$

$= 10$ rad/s $+ 21$ rad/s $=$ **31 rad/s**

b) $\theta = 10$ rad/s $\times 7$ s $+ \dfrac{3 \text{ rad/s}^2 (7 \text{ s})^2}{2}$

$= 70$ rad $+ 73.5$ rad $=$ **143.5 rad**

como 1 rev $= 360° = 2\pi$ rad, tenemos:

c) $143.5 \text{ rad} \times \dfrac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}}$

$=$ **22.85 revoluciones**

Ejercicios

1. ¿Cuál es la magnitud de la aceleración angular de una llanta de automóvil que adquiere una velocidad angular de 350 rad/s en 2 s?

2. Un disco compacto tuvo una magnitud de aceleración angular de 5 rad/s^2 durante 6 segundos. ¿Qué magnitud de velocidad angular final adquirió?

3. Si una hélice con una magnitud de velocidad angular inicial de 15 rad/s recibe una aceleración angular cuya magnitud es de 7 rad/s^2 durante 0.2 min, ¿cuáles son las magnitudes de la velocidad angular final y del desplazamiento angular que alcanzó a los 0.2 min?

4. Un rehilete aumentó la magnitud de su velocidad angular de 12 rad/s a 60 rad/s en 4 s. ¿Cuál fue la magnitud de su aceleración angular?

5. Una rueda gira con una magnitud de velocidad angular inicial de 12 rad/s y recibe una aceleración angular cuya magnitud es de 6 rad/s^2 durante 13 segundos.

Calcula

a) ¿Qué magnitud de velocidad angular lleva al cabo de los 13 segundos?

b) ¿Qué magnitud de desplazamiento angular tuvo?

6. Un disco que gira a 2 rev/s aumenta su frecuencia a 50 rev/s en 3 s. Determinar cuál fue la magnitud de su aceleración angular en rad/s^2.

7. Una rueda de la fortuna gira inicialmente con una magnitud de velocidad angular de 2 rad/s.

Si recibe una aceleración angular cuya magnitud es de 1.5 rad/s^2 durante 5 segundos, calcula:

a) ¿Cuál será la magnitud de su velocidad angular a los 5 s?

b) ¿Cuál será la magnitud de su desplazamiento angular?

c) ¿Cuántas revoluciones habrá dado al término de los 5 s?

Aplica lo que sabes

Reúnete con otro compañero y si no disponen de una computadora y acceso a Internet, visiten un café-internet y por medio del buscador investiguen cualquiera de los siguientes temas:

a) Astronautas y su entrenamiento.
b) Aviones supersónicos y sus características.
c) Satélites artificiales habitados.
d) La astronáutica y sus características.
e) Globos aerostáticos.
f) Características de los automóviles de carreras.

Seleccionen la información que les parezca más importante e imprímanla. Después, en cartulinas o papel rotafolio, presenten un resumen o esquemas didácticos con ilustraciones, que expondrán ante sus compañeros con las instrucciones y apoyo de su profesor(a).

Aplica lo que sabes

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), formen un equipo de 3 o 4 integrantes. Visiten una feria de juegos mecánicos, observen los diferentes juegos y seleccionen uno de ellos, de tal manera que en su cuaderno describan las características del movimiento que realizan los cuerpos en dicho juego. Represéntenlo por medio de una maqueta, de preferencia, hagan que tenga movimiento. Acompañen su maqueta con un resumen que señale las características del movimiento que experimenta el juego mecánico seleccionado.

Con el apoyo y orientación de su profesor(a), expongan ante sus compañeros(as) la maqueta y el resumen elaborado.

Para tu reflexión

Estado de imponderabilidad de un objeto en caída libre

Desde un punto de vista operacional, podemos decir lo siguiente: **un objeto se encuentra en un estado de imponderabilidad cuando no produce ningún efecto detectable sobre un dinamómetro o sobre una báscula, por muy sensibles que éstos sean.** Es decir, **se manifiesta carente de peso**, o sea, tiene un **estado de ingravidez**. Cuando decimos que un cuerpo mantiene un estado de ingravidez, esto significa que no se halla sometido a alguna fuerza de gravedad o cuya pesantez es contrarrestada por alguna otra fuerza opuesta. **Por pesantez se entiende la acción ejercida por cualquier astro sobre un objeto que se encuentre dentro de su campo gravitacional.** La pesantez en la superficie de un astro depende de la masa y del radio del mismo. La Luna tiene una pesantez aproximadamente seis veces menor que la de la Tierra, y Marte, tres veces menor. Durante la gravitación a bordo de un satélite artificial o en una nave espacial, fuera de los cortos periodos de aceleración y de frenado, **la pesantez es nula** y el astronauta flota en su cabina, por lo que en estas circunstancias **carecen de sentido las nociones de alto y bajo, de piso y techo.**

Una nave espacial propulsada por sus motores es acelerada por el empuje de los mismos, pero lo que se encuentra en su interior, por ejemplo el cuerpo de los astronautas, **tiende a conservar por inercia su estado de movimiento anterior**. Por tanto, todo lo existente en el interior de la nave es aplicado contra su estructura como si se manifestara una pesantez semejante a la existente en el suelo de un astro por efecto de la gravedad. Cuando cesa la propulsión y con ella las aceleraciones, la nave y su contenido se hallan moviéndose en el espacio con una magnitud de velocidad constante, en un movimiento libre. Así pues, no existe ninguna fuerza actuando sobre el contenido interior que provoque algún efecto sobre la estructura de la nave. Los astronautas y los objetos se encuentran en un **estado de impesantez o ingravidez**, de no estar sujetos o fijos en la nave, flotarían en ella (Fig. 2.42). Esto mismo ocurriría en la cabina de un elevador si el cable que lo sujeta se rompiera de repente y no existiera ningún roce mecánico ni aerodinámico para frenar la caída.



Figura 2.42
Si los astronautas no se encuentran sujetos, flotan, ya que se encuentran en un estado de impesantez o ingravidez.

Si el ocupante de la cabina del elevador soltara en ese instante un objeto cualquiera, desde su sistema de referencia observaría que dicho objeto se queda en el mismo lugar en que lo soltó, pues su caída correspondería a una caída idéntica a la experimentada por el piso de la cabina y, por supuesto, del ocupante.

De igual manera, en la cabina de una nave no propulsada y, por tanto, **sin que reciba alguna fuerza desequilibrada**, desaparece la noción física de alto y bajo. En otras palabras, todas las cosas —desde la más pequeña partícula de polvo—, cualquier objeto o los mismos astronautas, **tienden a permanecer en su lugar**. De modo que **si en el espacio se voltea boca abajo, un vaso con agua no se vacía de su contenido a menos que se le imprima una aceleración**. El aire tampoco circula y es necesario dotar a la nave de sistemas para crear la circulación del mismo.

Resulta interesante cómo el estado de ingravidez no parece alterar de manera sensible las funciones fisiológicas, como la deglución y la digestión de alimentos y la circulación de la sangre, entre otros. **El estado de ingravidez** en una nave espacial suprime toda referencia sobre la orientación, por lo que **el astronauta debería experimentar una sensación de caída permanente.** Sin embargo, esto no sucede porque antes de mandar a un hombre al espacio se le selecciona y entrena con mucho cuidado mediante un trabajo prolongado e intenso, preparándolo física y mentalmente para resistir la sensación de vértigo y compensar con el sentido de la vista, la deficiencia presentada por los órganos orientadores del oído en un estado de ingravidez.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: completa de manera breve, los siguientes enunciados.

1. El tiro parabólico es un ejemplo de movimiento realizado por un objeto sobre un plano, es decir, en dos: _____
2. El tiro parabólico es de dos tipos: _____ y _____
3. El alcance horizontal de un objeto en tiro parabólico oblicuo, será el mismo con dos ángulos diferentes de tiro, mientras la suma de dichos ángulos dé un resultado de: _____
4. El tiro parabólico para su estudio puede considerarse como la combinación de dos movimientos independientes, que son un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado y otro un movimiento: _____
5. El tiro parabólico horizontal se caracteriza por la trayectoria o camino curvo que sigue un objeto al ser lanzado de manera: _____
6. Cuando un objeto gira alrededor de un punto fijo central llamado eje de rotación, describe un movimiento llamado: _____
7. Nombre que se le da al ángulo central al que corresponde un arco de longitud igual al radio: _____
8. Al número de vueltas, revoluciones o ciclos que efectúa un móvil en un segundo, se le denomina: _____
9. La magnitud que representa el cociente entre la magnitud del desplazamiento angular de un objeto y el tiempo que tarda en efectuarlo es: _____
10. El movimiento que se produce cuando un objeto con magnitud de velocidad angular constante describe ángulos iguales en tiempos iguales es el: _____

Reactivos del bloque 2

Identificas diferencias entre distintos tipos de movimientos

A. Instrucciones: Efectúa la siguiente lectura.

Movimiento

¿Dónde te encuentras en este preciso momento?

Mira a tu alrededor, ¿qué observas?

Cuando salgas a la calle, al patio de tu escuela o a un parque, observa tu entorno. Seguramente apreciarás varios objetos o cuerpos físicos en movimiento: hojas secas o árboles balanceándose debido a un fuerte viento, niños que corren y saltan, nubes desplazándose por el cielo, pájaros volando, automóviles en circulación, o personas que caminan. En nuestra vida diaria y en el universo, **todo se encuentra en constante movimiento.** La Tierra describe un movimiento de traslación alrededor del Sol, viajando a una magnitud de velocidad de unos 108 000 km/h, y en su movimiento de rotación alrededor de su propio eje gira a una velocidad cuya magnitud es de unos 1 667 km/h en el ecuador.

El telescopio espacial Hubble gravita alrededor de la Tierra a unos 593 km sobre el nivel del mar, a una rapidez de 28 000 km/h, tiene un peso aproximado de 11 000 kg_f y un diámetro de 4.2 m.





Después de realizar la lectura anterior, escribe en el paréntesis de la izquierda la letra de la respuesta correcta, para cada una de las siguientes preguntas:

1. ( ) Considerando la magnitud de la velocidad de traslación de la Tierra, en un tiempo de 30 minutos la distancia en kilómetros que habrá recorrido será de:

a) 3 240 000
b) 54 000
c) 457 000
d) 216 000



2. ( ) Para que la Tierra recorra una distancia de 7 000 km, el tiempo que debe transcurrir en horas es de:

a) 0.25
b) 0.7512
c) 1.356
d) 0.0648

3. ( ) El tiempo anterior expresado en minutos corresponde a:

a) 10.55
b) 3.888
c) 7.943
d) 5.999

4. ( ) El tiempo que tarda la Tierra en realizar una rotación completa sobre su propio eje corresponde a:

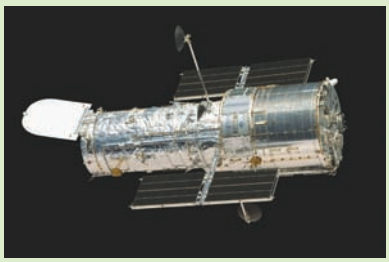
a) 365 días.
b) 1 mes.
c) 24 horas.
d) 12 000 minutos.

5. ( ) El tiempo en segundos que tarda la Tierra en dar una rotación completa alrededor de su propio eje, expresado en potencia de base 10, corresponde a:

a) 8.64×10^4
b) 24.00×10^6
c) 12.87×10^3
d) 57.32×10^5

6. ( ) La magnitud de la velocidad con la cual gravita el telescopio espacial Hubble expresada en millas/h corresponde a:

a) 14 000
b) 12 008.12
c) 103. 47
d) 17 402.1



7. ( ) Si la circunferencia de la Tierra en el ecuador la consideramos de 40 000 km, el tiempo requerido en horas para que el telescopio Hubble realice 4 vueltas alrededor de la Tierra es aproximadamente de:

Nota: No consideres la altura sobre la superficie terrestre a la que gira el telescopio Hubble.

a) 12.25
b) 14.32
c) 5.7
d) 4.06

B. Un niño lanza verticalmente hacia arriba una pelota y le imprime una velocidad inicial de 3 m/s, después de un cierto tiempo, cae nuevamente en su mano, que se localiza en el mismo lugar del cual la lanzó.

Responde las siguientes preguntas:



1. ( ) La altura máxima en metros que alcanza la pelota es de:

a) 1.25
b) 0.122
c) 0.459
d) 2.134

2. ( ) El tiempo en segundos que tarda en subir es de:

a) 0.306
b) 1.300
c) 0.002
d) 0.003

3. ( ) El tiempo en segundos que utilizó la pelota para descender nuevamente a la mano del niño es de:

a) 0. 012
b) 2.600
c) 0.006
d) 0.306

4. ( ) La magnitud de la velocidad en m/s que adquiere la pelota cuando regresa a la mano del niño que la lanzó es de:

a) 6.0
b) 1.5
c) 9.8
d) 3.0

5. ( ) La magnitud de la aceleración que recibe la pelota es:

a) mayor cuando desciende que cuando asciende.
b) menor cuando desciende que cuando asciende.
c) ligeramente mayor cuando desciende.
d) es la misma al ascender y descender.

6. ( ) El tiempo en segundos de permanencia en el aire de la pelota es de:

a) 6.0
b) 0.612
c) 19.6
d) 0.413

7. ( ) La pelota durante su ascenso y descenso realiza un movimiento:

a) rectilíneo uniforme.
b) con aceleración que aumenta al bajar.
c) uniformemente acelerado.
d) con aceleración variable.

8. ( ) Si la pelota tuviera el doble de tamaño pero se lanza con la misma magnitud de velocidad hacia arriba se observaría que:

a) alcanzaría la mitad de la altura máxima.
b) alcanzaría mayor altura al subir.
c) su altura máxima sería menor.
d) la altura máxima sería la misma.

9. ( ) Al duplicarse el tamaño de la pelota se duplica su masa y al lanzarla con la misma magnitud de velocidad hacia arriba se observa que:

a) disminuye a la mitad la magnitud de su aceleración.
b) se duplica la velocidad que llevará al ir descendiendo.
c) cae más rápido que cuando su masa es equivalente a la mitad.
d) es la misma altura máxima y magnitud de velocidad al caer.

C. Una pelota de béisbol es bateada con una velocidad horizontal cuya magnitud es de 12 m/s y tarda en chocar contra el suelo 3 s.

Responde lo siguiente:



1. ( ) ¿Cuál es la magnitud de su velocidad horizontal en m/s al primer segundo?

a) 40
b) 10
c) 12
d) 36

2. ( ) ¿Cuál es la magnitud de su velocidad horizontal en m/s al transcurrir 2 segundos?

a) 60
b) 20
c) 24
d) 12

3. ( ) ¿Cuál es la magnitud de su velocidad horizontal justo antes de chocar contra el suelo?

a) 12
b) 36
c) 9.8
d) 19.6

4. ( ) La distancia horizontal en metros a la que cae la pelota, a partir del punto donde fue bateada es:

a) 10
b) 15
c) 36
d) 20

5. ( ) La magnitud de la velocidad vertical en metros que lleva a los 2 segundos es:

a) 9.8
b) – 9.8
c) – 19.6
d) 20

D. Un portero de futbol despeja un balón desde su portería con un cierto ángulo con respecto al suelo.

Responde lo siguiente:



1. ( ) ¿Con qué ángulo respecto al eje horizontal debe patear el balón para que éste llegue lo más lejos posible de su portería?

a) 10°
b) 30°
c) 45°
d) 70°

2. ( ) Si patea el balón con un ángulo de 40° tendrá el mismo alcance horizontal que si lo patea con un ángulo de:

a) 60°
b) 20°
c) 15°
d) 50°

3. ( ) Si patea el balón con una velocidad de 50 m/s y el ángulo es de 40° con respecto al plano horizontal, la componente horizontal de la velocidad tiene una magnitud en m/s de:

a) 20.2
b) 38.3
c) 18.9
d) 15.5



4. ( ) De acuerdo con los datos del inciso 3 anterior, la componente vertical inicial de la velocidad tiene una magnitud en m/s de:

a) 27.16
b) 0.00
c) 32.14
d) 21.35

E. Varias personas se encuentran sentadas en las diferentes sillas de una rueda de la fortuna, cuyo movimiento lo realiza durante un determinado tiempo, con una magnitud de velocidad de 10 m/s.

Responde lo siguiente:



1. ( ) El tipo de movimiento que realizan las personas durante dicho tiempo es:

a) rotacional a velocidad constante.
b) circular con velocidad variable.
c) rotacional sin aceleración.
d) circular sin aceleración.

2. ( ) Durante su movimiento, las personas experimentan:

a) una aceleración igual a cero.
b) un movimiento de traslación.
c) una velocidad constante.
d) una rotación con la misma rapidez.

3. ( ) ¿Qué cuerpos físicos están realizando un movimiento circular?

a) rueda de molino, niños en un carrusel, disco compacto.
b) personas en la rueda de la fortuna, una piedra atada que se hace girar.
c) una polea fija al girar, una canica al ir rodando.
d) la Tierra al girar sobre su propio eje, una rueda de bicicleta en movimiento.





Autoevaluación

La **autoevaluación** es una estrategia que te permite conocer y valorar tu progreso en el proceso de aprendizaje, también te ayuda a profundizar en gran medida en el autoconocimiento y comprensión de una actividad. Marca con una ✕ la respuesta.

Nombre del estudiante:	
Fecha:	Tiempo asignado:

Número	Actitud	Logrado	
		sí	no
1.	Leí correctamente todas las indicaciones.		
2.	Atendí cada una de las instrucciones.		
3.	Realicé todas las actividades que se solicitaron		
4.	Entregué en tiempo y forma todo lo que se solicitó.		
5.	Busqué en medios electrónicos la información solicitada.		
6.	Logré hacer todo lo que pidieron en las actividades.		
7.	Me gustaron todas las actividades.		
8.	Escribí sin faltas de ortografía.		
9.	Expresé mis ideas con claridad.		
10.	Demostré que comprendí la lectura.		

Puntuación máxima:	10	
Puntuación obtenida.		
Comentarios:		

Instrumentos de evaluación

Apellido paterno:_____ Apellido materno:_____ Nombre:_____ Grupo:____

Asegúrate de haber adquirido los aprendizajes, habilidades, actitudes y valores que se abordan en el bloque 2. Para ello, realiza lo que se te pide.

Instrucciones: escribe en el paréntesis de la izquierda la letra de la respuesta correcta, para cada una de las siguientes preguntas:

1. ( ) Paula y Carlos determinan el desplazamiento realizado por uno de sus compañeros y lo dividen entre el tiempo en el cual lo realizó, con ello determinan su:
a) aceleración
b) frecuencia
c) rapidez
d) velocidad

2. ( ) Andrés cuantifica cuál es la variación de la velocidad de un tren en cada unidad de tiempo, para determinar su:
a) periodo
b) aceleración
c) rapidez
d) frecuencia

3. ( ) Ana observa el movimiento de un camión que va en una misma dirección y determina que realiza desplazamientos iguales en tiempos iguales, por lo cual concluye que se trata de un movimiento:
a) uniformemente acelerado
b) rectilíneo uniforme
c) periódico
d) rectilíneo uniformemente acelerado

4. ( ) Esther grafica la magnitud de la velocidad de un motociclista en función del tiempo, al describir un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado y después determina el valor de la pendiente de la recta obtenida al unir los puntos, al hacerlo determina la magnitud de:
a) la aceleración
b) la rapidez
c) el desplazamiento
d) la distancia

5. ( ) Mario ha llegado a la conclusión de que cuando un móvil efectúa un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, su velocidad:
a) permanece constante
b) es igual a la aceleración
c) aumenta como la aceleración
d) varía de forma constante

6. ( ) Arturo desea representar en su cuaderno un radián, para ello, dibuja una circunferencia con un ángulo central cuyo arco de longitud mide 3 cm, esto quiere decir que el radio de la circunferencia mide:
a) 1/2 (3 cm)
b) 3 cm
c) 2 (3 cm)
d) 3 cm/2

7. ( ) Myriam está midiendo el tiempo que tarda una rueda de la fortuna en dar una vuelta completa, ya que desea conocer su:
a) aceleración angular
b) frecuencia
c) periodo
d) velocidad angular

8. ( ) Isabel ha determinado la magnitud del desplazamiento angular de un compañero que está subido en un carrusel y lo divide entre el tiempo que tarda en efectuarlo, con el propósito de cuantificar la magnitud de su:
a) velocidad lineal
b) aceleración angular
c) velocidad angular
d) aceleración radial

9. ( ) El equipo de Patricia cuantifica la distancia recorrida en un segundo, por una piedra al ser soltada para que salga disparada tangencialmente a la circunferencia que describía, ya que un miembro del equipo la hacía girar al tenerla atada a una cuerda. Ello les posibilitará determinar la magnitud de la:
a) velocidad lineal
b) velocidad angular
c) aceleración media
d) aceleración instantánea

10. ( ) Enrique y Diana observan el movimiento de un grupo musical que gira sobre una plataforma y pueden

determinar que en su movimiento describen ángulos iguales en tiempos iguales, lo que les posibilita concluir que el movimiento que realizan es:

a) uniformemente acelerado
b) rotacional
c) inercial
d) circular uniforme

Instrucciones: relaciona ambas columnas escribiendo, dentro del círculo de la izquierda, la letra de la columna de la derecha que corresponda a la respuesta correcta.

1. ◯	Si la posición de un objeto está variando respecto a un punto considerado fijo al transcurrir el tiempo, tiene:	a) tren
2. ◯	Magnitud escalar que sólo indica la magnitud de la longitud recorrida:	b) velocidad
3. ◯	Magnitud escalar que únicamente indica la magnitud de la velocidad:	c) grande
4. ◯	Un ejemplo de movimiento en una dimensión es el realizado por un:	d) negativo
5. ◯	Durante una curva la rapidez puede ser constante pero estará variando la:	e) la caída libre
6. ◯	La aceleración de un cuerpo es positiva si el cambio en su velocidad es:	f) 90°
7. ◯	Si un automóvil mantiene constante su velocidad, su aceleración tendrá una magnitud:	g) desplazamiento
8. ◯	Es un ejemplo de movimiento uniformemente acelerado.	h) circular
9. ◯	El alcance horizontal de un objeto en tiro parabólico oblicuo, será el mismo con dos ángulos de tiro diferentes, mientras la suma de dichos ángulos dé un resultado de:	i) movimiento j) el movimiento de un tren k) rapidez l) cero m) disco compacto n) distancia o) positivo
10. ◯	Movimiento que describe un cuerpo cuando gira alrededor de un punto fijo central llamado eje de rotación.	

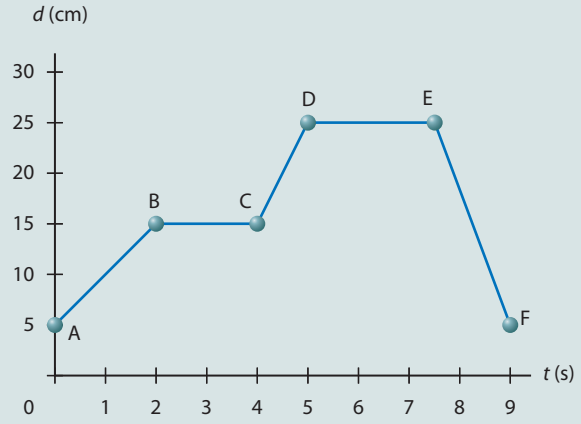
Instrucciones: anota una **V** en el círculo de la izquierda si el enunciado es verdadero o una **F** si es falso.

1. ◯	Zita señala que el desplazamiento de un móvil es una magnitud vectorial, ya que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos: el de partida y el de llegada.
2. ◯	Ubaldo dice que en la realidad es posible demostrar la existencia de sistemas de referencia absolutos.
3. ◯	Diana explica que si se sueltan de manera simultánea y de la misma altura una roca grande y una roca pequeña, primero cae al suelo la roca grande y después la pequeña.
4. ◯	Oscar argumenta que el tiro vertical experimenta la misma aceleración que la caída libre de los objetos y, por tanto, emplea las mismas ecuaciones.
5. ◯	María comenta que el tiro parabólico es la combinación de dos movimientos que son un movimiento horizontal uniforme y un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado.
6. ◯	Héctor manifiesta que la frecuencia es el número de vueltas, revoluciones o ciclos que efectúa un móvil en un segundo.
7. ◯	Miriam comenta que en el movimiento circular uniforme sólo permanece constante la rapidez, o sea la magnitud de la velocidad lineal o tangencial.
8. ◯	Carol indica que la velocidad angular representa la magnitud de la velocidad que llevará un cuerpo al salir disparado en forma tangencial a la circunferencia.

9. ◯	Alejandro señala que el movimiento circular uniformemente acelerado se presenta cuando un móvil con trayectoria circular aumenta o disminuye en cada unidad de tiempo la magnitud de su velocidad angular en forma constante, por lo que la magnitud de su aceleración angular permanece constante.
10. ◯	Estela argumenta que la interpretación de las gráficas en un movimiento circular uniformemente acelerado se hace de manera totalmente diferente a las de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

Instrucciones: resuelve en hojas tamaño carta los siguientes problemas:

1. Calcula la velocidad en m/s de un motociclista cuyo desplazamiento es de 8 km al sur en 7 minutos.
2. Un automóvil que se dirige al este (oriente), tiene una velocidad inicial de 15 m/s, y a los 3 segundos su velocidad es de 20 m/s. ¿Cuál es la magnitud de su aceleración?
3. Con los datos de la magnitud del desplazamiento de un móvil en función del tiempo se obtuvo la siguiente gráfica:
   a) ¿Qué posición tenía el móvil antes de iniciar su movimiento?
   b) ¿Cuál es la magnitud de la velocidad durante el intervalo de tiempo entre los puntos B y C?
   c) ¿Cómo se comportó la magnitud de la velocidad entre los puntos C y D, y cuál es su magnitud?
   d) ¿A qué tiempo invirtió la dirección de su recorrido?
   e) ¿Regresó al punto de partida?



4. Un motociclista parte del reposo y en 0.4 minutos alcanza una velocidad de 60 km/h hacia el sur. Calcular: a) su aceleración en m/s^2. b) Los metros que se desplazó en ese tiempo.
5. Un camión que viaja al oeste (poniente) aumenta su velocidad de 20 km/h a 50 km/h en 6 segundos, si se considera que su aceleración fue constante, calcular: a) su aceleración; b) la distancia que recorrió en los 6 segundos.
6. Una maceta se desprende del clavo que la sostenía de una pared que está a una altura de 2.5 m sobre el suelo. Calcular: a) El tiempo que tardará en caer; b) con qué magnitud de velocidad choca contra el suelo.
7. Un jugador le pega a una pelota con un ángulo de 25° con respecto al plano horizontal, comunicándole una velocidad inicial de 20 m/s. Calcular: a) el tiempo que dura la pelota en el aire; b) la altura máxima alcanzada; c) el alcance horizontal de la pelota.
8. Una rueda gira con una magnitud de velocidad angular inicial de 20 rad/s y experimenta una aceleración angular, cuya magnitud es de 2 rad/s^2 que dura 5 segundos. Calcular: a) la magnitud del desplazamiento angular a los 5 segundos; b) la magnitud de la velocidad angular a los 9 segundos.

Instrucciones: responde de manera clara y breve las siguientes preguntas.

1. ¿Cuál sería un ejemplo práctico por medio del cual puedas explicar por qué no existe un solo objeto o partícula en nuestro planeta o en el universo en general que se encuentre en reposo absoluto?

2. ¿Qué ejemplo de tu vida cotidiana propones para explicar lo práctico que resulta considerar como una partícula cualquier objeto en movimiento?

3. Si un automóvil recorre distancias iguales en tiempos iguales durante una curva: a) ¿permanece constante su velocidad?, b) ¿tiene aceleración? Responde en ambos casos sí o no y ¿por qué?

4. ¿Por qué consume más combustible un barco cuando viaja en sentido contrario a la corriente de un río que cuando va en el mismo sentido?

5. ¿Qué ejemplo de tu vida cotidiana puedes dar del movimiento en: a) una dimensión, b) dos dimensiones, c) tres dimensiones?

6. Un avión supersónico conserva durante unos minutos su velocidad, ¿tendrá aceleración? Sí o no y ¿por qué?

7. ¿El tiempo que tarda en subir un objeto que se lanza a cierta altura será el mismo que tarda en caer? Sí o no y ¿por qué?

8. ¿Qué ejemplo de tu vida cotidiana usarías para explicar: a) un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, b) un movimiento parabólico?

9. ¿Cuáles son las similitudes y cuáles son las diferencias en la interpretación del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado y el movimiento circular uniformemente acelerado?

10. ¿Qué nuevas destrezas y habilidades has adquirido como resultado del estudio de los contenidos que se abordan en este segundo bloque?

11. Señala dos conocimientos que para ti hayan resultado relevantes debido al estudio del bloque 2:

12. Retoma el cuadro que llenaste en la página 75 y completa la tercera columna "Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)".

13. ¿Cambió algo de lo que estaban seguros que sabían? En caso afirmativo, ¿por qué cambió?

14. ¿Ya aprendieron todo lo que querían saber? Sí o no y ¿por qué?

15. Parte de tu formación es el establecimiento de actitudes y valores que te posibilitan un mayor conocimiento de lo que te rodea y de ti mismo. Algunos son interés, curiosidad, colaboración, responsabilidad, creatividad e imaginación, participación comprometida, honestidad. Describe tres de las actitudes o valores enunciados arriba, que hayas practicado en el aula, en la calle, o en tu casa y el porqué de ello.

1.

2.

3.

Rúbrica

Rúbrica para evaluar el resumen sobre la investigación del tema seleccionado, página 138.

Nombre del alumno:

Aspecto a evaluar / Niveles	Excelente (4)	Bueno (3)	Regular (2)	Deficiente (1)
Propósito. Mencionan con profundidad el propósito del tema, no presenta ambigüedades.				
Contenido. Se cubre y desarrolla la totalidad del tema, se observan ideas principales e importantes, está bien organizado.				
Expresión gramatical. El vocabulario es adecuado y variado, emplean estructuras gramaticales complejas y sin errores.				
Estructura. Integran la información con base en el tema investigado, está correctamente interrelacionada.				
Redacción. Es comprensible, no requiere de aclaraciones.				
Conclusiones. Son claras y coherentes con el tema de su investigación.				
Puntuación obtenida en total.				

Calificación (promedio de los siete aspectos evaluados)_____

Lista de cotejo

Lista de cotejo para evaluar el manejo de los conceptos sobre las nociones básicas del movimiento en los ejercicios que se proponen en la página 85, así como los desempeños que muestra al resolverlos.

Nombre del alumno:

Dominio de contenidos	Excelente	Bueno	Regular
Analiza a detalle la información necesaria para poder resolver cada ejercicio.			
Identifica el procedimiento que debe realizar para calcular correctamente lo que se requiere en los ejercicios.			
Determina correctamente todos los valores de la distancia, el desplazamiento, velocidad y aceleración.			
Hace una revisión de los contenidos teóricos previamente desarrollados.			
Utiliza los conceptos clave sobre movimiento y velocidad para resolver los ejercicios.			
Da una breve explicación sobre todos los resultados que obtuvo.			
Señala la importancia de conocimientos adquiridos.			
Interpreta correctamente los resultados obtenidos.			
Relaciona los contenidos con ejemplos prácticos y concretos.			
Desempeño			
Proporciona su opinión de acuerdo con los conceptos teóricos.			
Explica el procedimiento que utilizó para resolver cada ejercicio.			
Contrasta sus resultados con ejemplos prácticos o de uso común.			
Aporta ideas o experiencias, todas relacionadas con los ejercicios.			
Señala la importancia del estudio de los conceptos básicos del movimiento para su aplicación en situaciones cotidianas.			
Valora las aplicaciones de la física como parte de su vida diaria.			
Es claro y coherente en sus explicaciones.			
Muestra interés al resolver todos los ejercicios.			
Comparte sus respuestas y retroalimenta su trabajo.			
Hace preguntas sobre dudas y hace correcciones pertinentes.			

Comentarios generales:

BLOQUE 3

Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton

20 horas

Objetos de aprendizaje

3.1 Leyes de la dinámica.

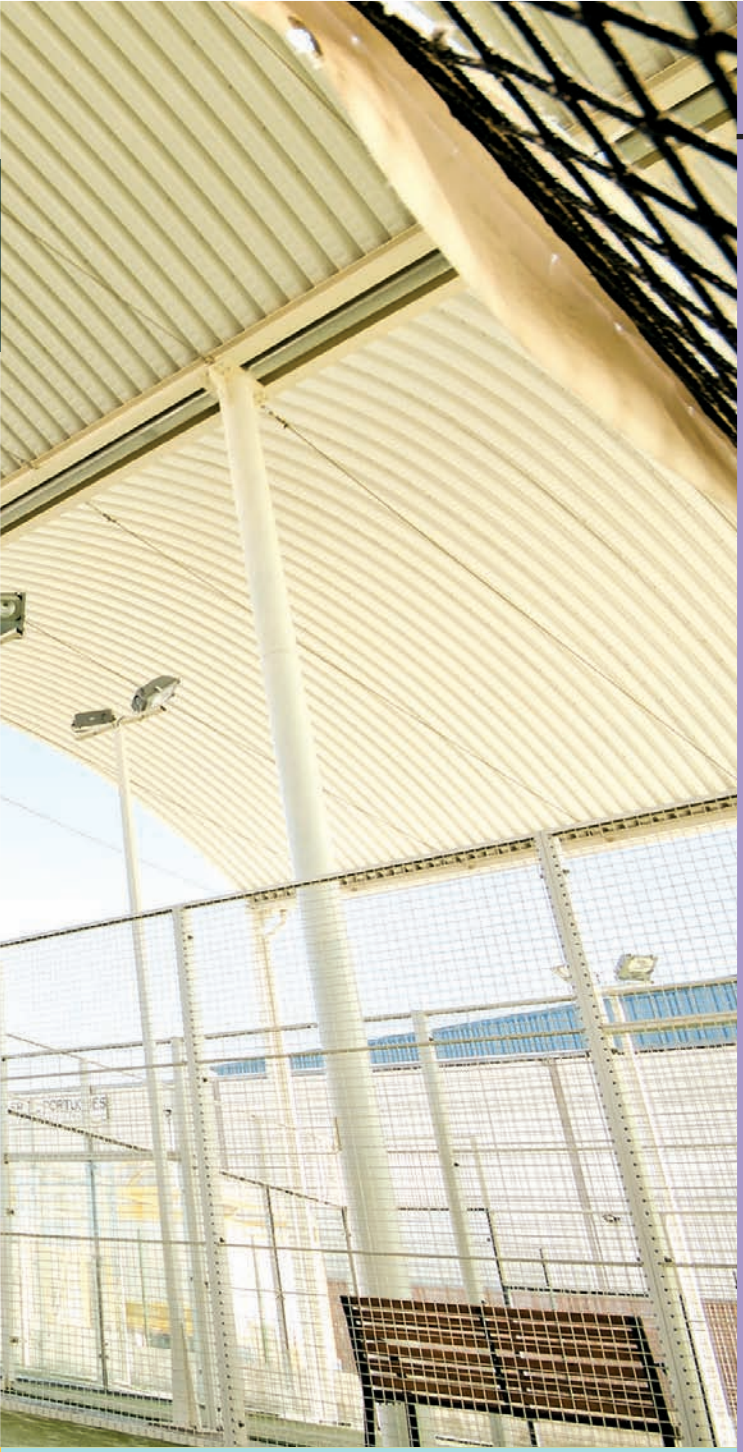
3.2 Ley de la Gravitación Universal.

3.3 Leyes de Kepler.



Competencias por desarrollar

- Identifica las leyes de Newton y las relaciona con el movimiento que presenta un cuerpo.
- Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología y el ambiente en contextos históricos de las leyes de Newton y Kepler.
- Aplica la metodología apropiada en la solución de problemas relacionados con las leyes de Newton y Kepler.
- Emplea prototipos o modelos para resolver problemas y demostrar principios científicos, hechos o fenómenos relacionados con las leyes de Newton y Kepler.
- Obtiene, registra y sistematiza la información para la solución y aplicación del movimiento de los cuerpos de su entorno.
- Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos aplicando las leyes de la Dinámica.
- Asume que el respeto de las diferencias es el principio de integración y convivencia en su contexto.



Desempeños por alcanzar

- Identifica en los diferentes tipos de movimiento las fuerzas que intervienen en el movimiento de los cuerpos.
- Aplica las Leyes de la dinámica de Newton, en la solución y explicación del movimiento de los cuerpos, observables en su entorno inmediato.
- Utiliza la Ley de la Gravitación Universal para entender el comportamiento de los cuerpos bajo la acción de fuerzas gravitatorias.
- Explica el movimiento de los planetas en el Sistema Solar utilizando las Leyes de Kepler.

¿Qué sabes hacer ahora?

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo describes con un ejemplo de tu vida cotidiana qué es una fuerza?
2. ¿Cómo puedes explicar de manera práctica la manifestación de una fuerza por contacto y de una fuerza a distancia?
3. Explica la causa de la disminución del peso de un astronauta cuando se encuentra sobre la superficie de la Luna.
4. ¿Cómo se puede lograr que un objeto puesto en movimiento continúe de esta manera por tiempo indefinido?
5. ¿Cuál es la causa de que al encontrarte en un camión en movimiento, te vas para adelante si de repente el conductor aplica bruscamente los frenos?
6. ¿Cuál es la causa de que resulte más fácil empujar un auto pequeño que uno grande?
7. Explica por qué al empujar una pared te desplazas para atrás si traes puestos unos patines.
8. Explica cuál es la causa del movimiento de los planetas alrededor del Sol.

Coevaluación e intercambio de ideas y aprendizajes

Una vez que has respondido las preguntas anteriores espera la indicación de tu profesor(a) para intercambiar tus respuestas con las de otro compañero o compañera. Lean sus respectivas respuestas y después intercambien ideas y conocimientos para que nuevamente respondan las preguntas anteriores, pero ahora de manera conjunta. Después de que las han escrito en su cuaderno, participen con las demás parejas comentando y argumentando sus respuestas, en un ambiente propositivo y de respeto a las ideas y conocimientos de todos.

Elabore cada quien una tabla como la que se muestra en seguida, para llevar el registro de sus conocimientos actuales y futuros.

Lo que estamos seguros que sabemos	Lo que no estamos seguros de saber o no sabemos y queremos saber	Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)

Situación didáctica ¿Cómo lo resolverías?

¿Por qué los satélites se mantienen en órbita?

Secuencia didáctica ¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de acciones que debes seguir para responder la pregunta correspondiente a la situación didáctica. Realízalas con una actitud científica, responsable, compartida y entusiasta.

1. Forma un equipo de cuatro integrantes y pónganse de acuerdo para que investiguen en las diferentes fuentes de información a su alcance lo siguiente:
   a) ¿Qué es un satélite artificial?
   b) ¿Cómo se pone en órbita geoestacionaria un satélite artificial?
   c) ¿Qué aplicaciones tienen los satélites artificiales?
   d) ¿Cómo se aplican las leyes de Newton en la puesta en órbita de un satélite?
2. Identifiquen las ideas clave y escríbanlas en su cuaderno o en la carpeta creada en su computadora.
3. Identifiquen los términos y conceptos que no comprenden o tienen duda y busquen a la brevedad posible resolver sus interrogantes.
4. Elaboren un resumen y complementenlo con dibujos, fotografías o ilustraciones, para que lo presenten ante los demás equipos.

Rúbrica ¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Criterios que deben seguir para resolver la pregunta hecha en la situación didáctica y que serán de utilidad para que ustedes mismos y su profesor(a) puedan evaluar y valorar su desempeño.

1. Deben ponerse de acuerdo acerca de lo que le corresponderá investigar a cada quien, y las fuentes de información que consultarán, tales como libros, revistas, enciclopedias, videos o vía Internet.
2. El resumen lo elaborarán una vez que entre todos hayan decidido cuál es la información más relevante que obtuvieron. Incluyan las imágenes, figuras y fotografías necesarias para una clara e interesante presentación ante los demás equipos.
3. En lo correspondiente a la puesta en órbita geoestacionaria del satélite, deben hacer referencia a que un satélite permanece en órbita alrededor de la Tierra cuando la magnitud de la fuerza de atracción gravitacional está equilibrada con la magnitud de la fuerza centrípeta, y cómo se determina matemáticamente dicha condición.
4. Describan cómo interviene cada una de las leyes de Newton, para lograr que un satélite sea puesto en órbita.
5. Resuelvan las dudas que vayan surgiendo durante su investigación, a la brevedad posible, utilizando las diferentes fuentes de información a su alcance o apoyándose en su profesor(a).
6. En la exposición de su investigación, deben participar todos, de manera clara y organizada.
7. Comenten a los demás equipos, las dudas y dificultades que surgieron durante su investigación y cómo las resolvieron.
8. Intercambien ideas, experiencias y conocimientos adquiridos, en un ambiente de respeto y compañerismo, lo que les posibilitará fortalecer su aprendizaje.

Autoevaluación

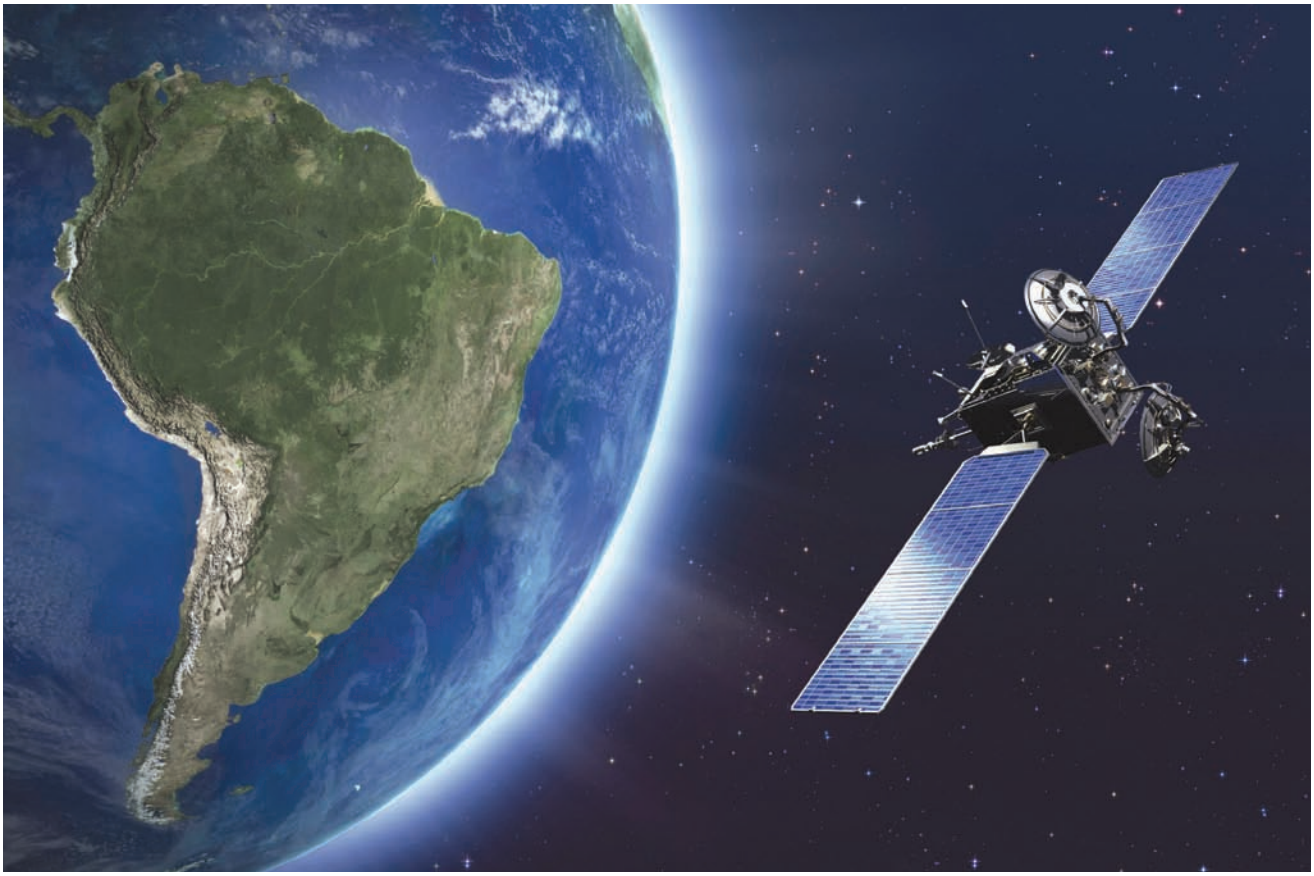
Con el propósito de que reflexiones acerca de los resultados obtenidos después de resolver la pregunta formulada en la situación didáctica, responde en tu cuaderno lo siguiente.

1. Puedo explicar de manera clara y breve qué es un satélite artificial y cómo se pone en órbita geoestacionaria (escríbelo).

2. Conozco varias aplicaciones de los satélites, éstas son (descríbelas).
3. Las diferentes leyes de Newton que se aplican en la puesta en órbita de un satélite, el momento en que se aplican y la razón de ello es (explícalo).
4. Durante la investigación en las fuentes de información, me correspondió investigar lo siguiente (descríbelo).
5. Algunas de las dudas que nos surgieron durante la investigación fueron las siguientes: (menciónalas). Sin embargo, las resolvimos de la siguiente manera (descríbelo).
6. Participé en la elaboración y presentación del resumen ante nuestros compañeros, de la siguiente manera (explícala).
7. Lo que me resultó más relevante y lo que aprendí de esta investigación es (indícalo).

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), intercambia la autoevaluación con un compañero o compañera. Lean sus respectivas respuestas, corríjanse de ser necesario, e intercambien ideas, experiencias y aprendizajes adquiridos. En caso de duda, consulten a su profesor(a).



Introducción

Concepto de dinámica

La dinámica es la parte de la mecánica que se encarga de estudiar el movimiento de los cuerpos y las causas que lo originan.

Concepto de fuerza

Reflexiona acerca de las siguientes situaciones: ¿Qué mueve a un barco de vela que navega por el mar? ¿Cómo logra una grúa mover y remolcar un coche descompuesto para llevarlo al taller mecánico? ¿Qué tiene que hacer un jugador de futbol para tratar de meter con el pie una pelota en la portería del equipo contrario? ¿Qué ocasiona la caída de una manzana desde la rama de un árbol? Como sabemos, el barco navega en virtud de la fuerza que el aire en movimiento, es decir, el viento, ejerce sobre la vela; el coche descompuesto es remolcado gracias a que es jalado por una fuerza que recibe de la grúa; la pelota se mueve y puede entrar en la portería debido a que con el pie recibe una fuerza al ser pateada; la manzana cae al suelo por la fuerza gravitacional con que es atraída por la Tierra.

En los cuatro ejemplos anteriores y **en cualquier caso en el que interviene una fuerza existe, como mínimo, una interacción entre dos objetos** (Fig. 3.1). Tal fue el caso viento-vela, coche-grúa, pie-pelota y manzana-Tierra. En los tres primeros casos existe un contacto físico entre el objeto que ejerce la fuerza y el que la recibe; por eso reciben el nombre de **fuerzas de contacto**. En el caso de la fuerza de atracción que la Tierra ejerce sobre la manzana, los dos objetos interactúan sin que exista contacto entre ellos; este tipo de fuerzas recibe el nombre de **fuerzas de acción a distancia**. Hablaremos de estas fuerzas con mayor detalle, más adelante.



Figura 3.1
Siempre que una fuerza se manifiesta se produce, cuando menos, una interacción entre dos objetos.

El término de fuerza lo empleamos para expresar que un avión se mueve por la fuerza producida por las turbinas; las nubes y los árboles se mueven por la fuerza del viento (Fig. 3.2); las hojas de los árboles caen sobre la superficie de la Tierra porque ésta ejerce una fuerza sobre ellas.



Figura 3.2
El aire en movimiento, es decir, el viento, genera una fuerza que mueve las ramas de los árboles.

Sin embargo, no todas las fuerzas producen un movimiento sobre los objetos. Pensemos en un objeto en movimiento; si recibe una fuerza en sentido contrario al de su movimiento puede disminuir su velocidad, e incluso detenerse. Al pararnos sobre una llanta de automóvil, la fuerza provocada por nuestro peso deforma la llanta. Definir qué es una fuerza no resulta simple, pero podemos decir que **una fuerza se manifiesta siempre que exista, cuando menos, una interacción entre dos cuerpos.**

Clasificación de las fuerzas fundamentales de la naturaleza

En términos generales, las fuerzas fundamentales pueden clasificarse según su origen y características en cuatro grupos:

1. **Fuerzas gravitacionales**, se producen debido a las fuerzas mutuas de atracción que se manifiestan entre dos objetos cualesquiera del universo y cuya causa está en función de la masa de los objetos y de la distancia existente entre ellos. A estas fuerzas se debe que los planetas mantengan sus órbitas elípticas (Fig. 3.3), el peso de los objetos y que todo objeto suspendido caiga a la superficie al cesar la fuerza que lo sostiene. Cuanta mayor masa tenga el objeto, mayor será la fuerza gravitacional con la cual atraerá a los demás objetos. La magnitud de la fuerza gravitacional puede ser muy grande si se trata de objetos macroscópicos; sin embargo, es la más débil de todas las fuerzas fundamentales.
2. **Fuerzas electromagnéticas**, son las fuerzas que mantienen unidos a los átomos y moléculas de cualquier sustancia, su origen se debe a las cargas eléctricas. Cuando las cargas eléctricas se encuentran en reposo entre ellas se ejercen fuerzas electrostá-



Figura 3.3
Debido a las fuerzas gravitacionales, los planetas mantienen sus órbitas elípticas.

ticas, y cuando están en movimiento se producen fuerzas electromagnéticas. Son mucho más intensas que las fuerzas gravitacionales. Además, las fuerzas gravitacionales siempre son de atracción, mientras que las fuerzas electromagnéticas pueden ser de atracción o de repulsión.

3. **Fuerzas nucleares**, aunque no se sabe con certeza cuál es su origen, se supone que son engendradas por los **mesones** entre las partículas del núcleo, y son las encargadas de mantener unidas a las partículas del núcleo atómico (Fig. 3.4). Es evidente la existencia de fuerzas atractivas en el núcleo atómico, porque sin ellas sería inconcebible la cohesión de los protones en el núcleo, toda vez que estas partículas, por tener carga eléctrica positiva, deberían rechazarse entre sí. Sin embargo, las fuerzas nucleares son más intensas que las fuerzas eléctricas en el núcleo y opuestas a ellas. Las fuerzas nucleares manifiestan un alcance muy pequeño y su magnitud disminuye de manera muy rápida fuera del núcleo. Su valor se puede despreciar cuando las distancias de separación son mayores a 10^{-14} m.

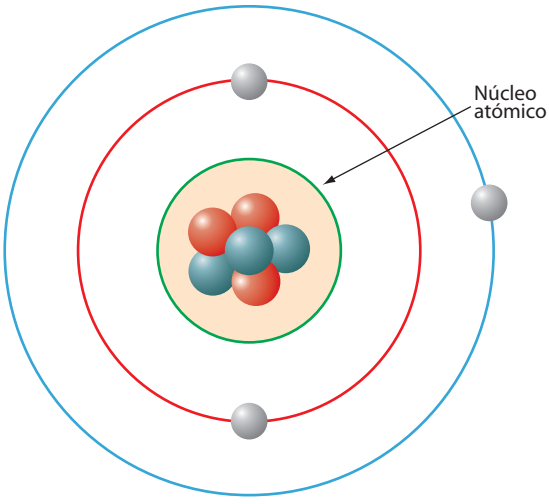


Figura 3.4
Las fuerzas nucleares que se supone son engendradas por intermedio de mesones entre las partículas del núcleo atómico, son las encargadas de mantener unidas a las partículas del núcleo atómico.

4. **Fuerzas débiles**, se caracterizan por provocar inestabilidad en determinados núcleos atómicos. Fueron detectadas en sustancias radiactivas naturales y, posteriormente, los científicos comprobaron que son determinantes en casi todas las reacciones de decaimiento radiactivo. La magnitud de las fuerzas débiles es del orden de 10^{25} veces más fuerte que las fuerzas gravitacionales, pero es de aproximadamente 10^{12} veces más débil que las fuerzas electromagnéticas.

Para tu reflexión

Nuevas teorías acerca de las fuerzas fundamentales de la naturaleza

Las semejanzas entre las fuerzas gravitacionales y las fuerzas eléctricas han originado que los científicos busquen un modelo simplificado que reduzca el número de fuerzas fundamentales en la naturaleza. Es por ello que consideran que las fuerzas gravitacionales y eléctricas pueden ser aspectos diferentes de la misma cosa. Albert Einstein (1879-1955), pasó los últimos años de su vida investigando acerca de la teoría del campo unificado, sin lograr resultados significativos. En el siglo pasado, en el año de 1967, los físicos predijeron que la fuerza electromagnética y la fuerza nuclear débil, mismas que se consideraban independientes entre sí, en realidad eran manifestaciones de una misma fuerza. En 1984, se comprobó experimentalmente que su predicción era correcta, y a dicha fuerza se le denomina ahora, **electrodébil**. También se sabe, que el protón y el neutrón están constituidos de partículas más pequeñas llamadas quarks, por lo que se ha modificado el concepto de fuerza nuclear. Hoy día, se considera la existencia de una **fuerza nuclear fuerte**, que enlaza a los quarks entre sí dentro de un nucleón, integrado por un protón y un neutrón. Es por ello que la fuerza nuclear que actúa entre las partículas del núcleo atómico es interpretada como un efecto secundario de la fuerza nuclear fuerte que está presente entre los quarks.

Los físicos continúan sus investigaciones, con la expectativa de encontrar las relaciones entre las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Dichas relaciones demostrarían que los distintos tipos de fuerzas son manifestaciones diferentes de una única **superfuerza**. Este razonamiento se basa en la teoría del Big Bang, que señala que el origen del universo se debió a una gran explosión ocurrida hace unos 13 700 millones de años, y que en los primeros instantes después de dicha explosión, se produjeron energías tan grandes, que todas las fuerzas fundamentales se unificaron en una sola fuerza. En la actualidad, ésta es una de las líneas de investigación más importantes que tiene la física.

Tipos de fuerza: de contacto y a distancia

En nuestra vida diaria, constantemente estamos aplicando **fuerzas que llamamos de contacto**, toda vez que el objeto que ejerce una fuerza toca al que la recibe, tal es el caso de empujar con nuestro cuerpo una mesa o un librero, patear un balón (Fig. 3.5), levantar una caja, lanzar una piedra, introducir un clavo en la pared al golpearlo con un martillo. Sin embargo, existe otro tipo de **fuerzas llamadas a distancia**, porque los objetos interactúan aun cuando no estén en contacto; tal es el caso de la atracción gravitacional de la Tierra sobre la Luna. Esta atracción se puede explicar como la interacción de la Luna con el campo gravitacional de la Tierra, de tal manera que **la gravedad se interpreta como un campo de fuerza**. **Todo objeto, por el hecho de ser materia, tiene un campo gravitacional**, el cual se manifiesta por la fuerza de atracción a distancia que se ejerce entre dos objetos cualesquiera. De donde **el campo gravitacional de un objeto es la zona en la cual ejerce su influencia sobre otros objetos**. A medida que aumenta la distancia, la intensidad del campo gravitacional de un objeto disminuye de manera notable, no obstante, se dice que se extiende hasta el infinito.

Hay otros ejemplos que tú ya conoces, en los que existen fuerzas a distancia, tal es el caso al atraer un clavo con un imán, debido al campo magnético de éste (Fig. 3.6) o atraer trozos pequeños de papel con un peine cargado eléctricamente al frotarlo con una prenda de lana.



Figura 3.5
Al patear un balón se aplica una fuerza de contacto.

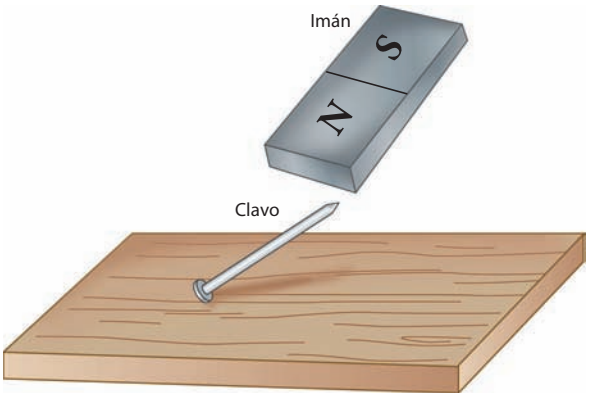


Figura 3.6
El imán y el clavo se atraen debido a la existencia de fuerzas a distancia.

Carácter vectorial de una fuerza

Cuando alguien nos pide ayuda para empujar un refrigerador, de manera natural le preguntamos para dónde quiere que lo empujemos. Este ejemplo sencillo, y muchos otros como los que revisamos anteriormente para **fuerzas de contacto y de acción a distancia**, nos posibilitan comprobar que el efecto que una fuerza produce sobre un objeto depende de su punto de aplicación, de su intensidad, también llamada módulo, que está determinada por su magnitud, pero además por la dirección y sentido en que actúa. Por tanto, **la fuerza es una magnitud vectorial y se representa gráficamente por medio de un vector**.

Uso del dinamómetro para medir fuerzas

Para medir la intensidad o magnitud de una fuerza se utiliza un dispositivo llamado **dinamómetro**, su funcionamiento se basa en la **ley de Hooke**, la cual enuncia lo siguiente: dentro de los límites de elasticidad, las deformaciones que sufre un objeto son directamente proporcionales a la fuerza que reciben. El dinamómetro consta de un resorte con un índice y una escala convenientemente graduada; la deformación producida del resorte al colgarle un peso conocido se transforma, mediante la lectura del índice en la escala graduada, en una magnitud concreta de la fuerza aplicada (Fig. 3.7).



Figura 3.7
Para medir la magnitud de una fuerza, como es la producida por el peso de un cuerpo, se usa un dinamómetro.

Unidades para medir fuerza

En nuestro país es muy común utilizar como unidad de fuerza el **kilogramo fuerza** (kg_f), mismo que pertenece al denominado sistema técnico de unidades. Por ejemplo, tu peso lo expresas en kg_f, así como el de un bulto de cemento, un costal de naranjas, etc.; 1 kg_f representa la fuerza con que la Tierra atrae a un objeto cuya masa es de 1 kg; es por ello que decimos que el peso del objeto es de 1 kg_f. De igual manera, una persona cuya masa es de 70 kg, tendrá un peso de 70 kg_f, lo que representa la fuerza con que la Tierra atrae a su masa. También se emplea el gramo fuerza (g_f) como unidad de fuerza, su equivalencia es: 1 kg_f = 1 000 g_f.

En el Sistema Internacional se utiliza el newton (N) como unidad de fuerza. La equivalencia entre el kg_f y el newton es la siguiente:

$$\mathbf{1\ kg_f = 9.8\ N = 9.8\ kg\ m/s^2}$$

Para fines prácticos, podemos redondear la cantidad de 9.8 a 10 y considerar que 1 kg_f = 10 N = 10 kg m/s^2. Así pues, si una persona pesa 50 kg_f, su peso en el sistema internacional será aproximadamente de 500 N.

Masa y peso de los objetos

La masa de un objeto representa la cantidad de materia contenida en dicho objeto, y no debe confundirse con su **peso**, **el cual representa la acción de la fuerza gravitacional sobre la masa del objeto**. En un punto determinado del espacio puede no existir una fuerza gravitacional sobre un objeto y, por tanto, **carecerá de peso, pero no de masa**, pues sigue conservando la misma cantidad de materia (Fig. 3.8). Más adelante, abordaremos la segunda ley de Newton y podremos estudiar que la masa de un objeto es una medida de la resistencia que presenta dicho objeto a ser acelerado. Si un objeto tiene un valor pequeño de masa, se le puede acelerar fácilmente, pero si el objeto es muy masivo, será más difícil acelerarlo. Por ello, se puede decir que **la masa representa una medida cuantitativa de la inercia**.

Toda masa origina un campo gravitacional a su alrededor, pero evidentemente una masa pequeña producirá un campo poco intenso, por ello su acción será prácticamente nula sobre otro objeto cercano a él. El Sol, estrella alrededor de la cual gravitan la Tierra y los demás astros del sistema solar, tiene una masa equivalente a 333 432 veces la de la Tierra, debido a ella, la intensidad de su campo gravitacional es muy grande. Nuestro planeta, cuya masa es de 5.9×10^{24} kg, origina un campo gravitacional a su alrededor, por tanto, todo objeto localizado dentro de él **recibe la acción de una fuerza cuyo sentido va dirigido hacia el centro de la Tierra**.

La fuerza de gravedad que actúa sobre un objeto será mayor cuanto mayor sea la masa del objeto. Esto significa que la fuerza de gravedad es directamente proporcional a la masa. Por tanto, observarás



Figura 3.8
Cuando un astronauta se encuentra sobre la superficie de la Luna, su masa o cantidad de materia es la misma, pero su peso se reduce a la sexta parte de lo que pesaba en la Tierra. Esto se debe a que la masa de la Tierra es 81 veces mayor que la de la Luna.

siempre cómo al tener una mayor masa, el peso también será mayor. Comprueba lo anterior pesando con el **dinamómetro** objetos de distinta masa, previamente determinada en una **balanza**, observarás una relación de proporcionalidad directa entre peso y masa, es decir: $\boldsymbol{P \propto m}$.

La magnitud del peso (P) de un objeto se calcula multiplicando su masa (m) por la magnitud de la aceleración de la gravedad (g), cuya magnitud en números redondos es igual a: $g = 9.8\ m/s^2$. Por tanto:

$$\boldsymbol{P = mg}$$

En el Sistema Internacional, la unidad de peso es el newton (N), mientras en el Sistema MKS técnico, la unidad es el kilogramo-fuerza kg_f, 1 kg_f = 9.8 N.

Fuerzas de fricción estática y dinámica o cinética

Siempre que se quiere desplazar un objeto que está en contacto con otro, se presenta una fuerza llamada **fricción** que se opone a su deslizamiento. La fuerza de rozamiento sobre un objeto es opuesta a su movimiento, o movimiento inminente, respecto de la superficie.

La fricción es una fuerza tangencial, paralela a las superficies que están en contacto. Existen dos tipos de fuerza de fricción: estática y dinámica o de movimiento.

La **fuerza de fricción estática** es la reacción que presenta un objeto en reposo oponiéndose a su deslizamiento sobre otra superficie.

La **fuerza de fricción dinámica también llamada de fricción cinética**, tiene una magnitud igual a la que se requiere aplicar para que un objeto se deslice a velocidad constante sobre otro.

En cualquier situación la magnitud de la fuerza de fricción estática es un poco mayor que la de fricción dinámica, ya que se requiere aplicar una fuerza de mayor magnitud para lograr que un objeto inicie su movimiento que la necesaria para que lo conserve después a velocidad constante.

Un experimento sencillo para estudiar las características de la fricción consiste en colocar sobre una mesa horizontal un bloque de peso conocido, al cual se le ata un hilo, mismo que tiene en su otro extremo un dinamómetro, como se puede observar en la figura 3.9.

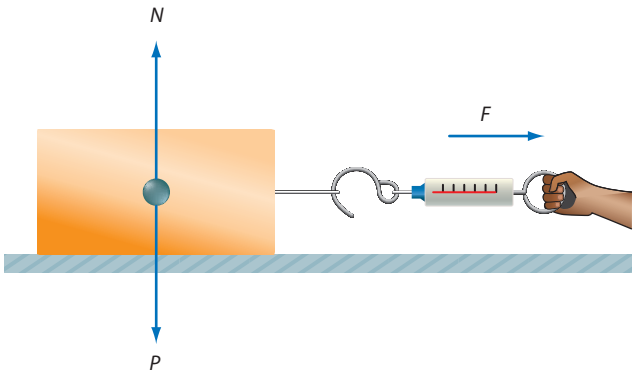


Figura 3.9
Experimento para estudiar la fricción.

Se jala poco a poco el dinamómetro, y se observa que la magnitud de la fuerza aplicada por la mano va aumentando, hasta que llega un momento en que si se incrementa un poco más, el bloque comienza a deslizarse sobre la superficie. Por tanto, observamos que la magnitud de la fuerza de fricción estática no es constante, sino que aumenta a medida que jalamos el objeto. **La fuerza máxima estática (*Fme*)** se alcanza un instante antes de que el objeto inicie su deslizamiento.

Si le colocamos al bloque una pesa encima, cuyo peso sea igual al del bloque, tendremos que al aumentar el peso se ejercerá sobre la mesa una mayor acción, y como reacción, el valor de la normal (N) será igual al peso del bloque más el de la pesa. Si ahora jalamos nuevamente el sistema bloque-pesa se observa que el dinamómetro señala una **fuerza máxima estática al doble** que cuando se tenía el bloque solo. Si se triplica el peso del bloque, la normal también se triplica, y la fuerza máxima estática registrada en el dinamómetro señala el triple.

Por lo anterior, podemos concluir que **la magnitud de la fuerza máxima estática (*Fme*) es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza normal (N) que tiende a mantener unidas ambas superficies debido al peso**. Por tanto:

$$Fme \propto N$$

Podemos transformar esta proporcionalidad directa de las dos magnitudes de fuerzas (Fme y N), en una igualdad, si cambiamos el signo de proporcionalidad $\propto$ por un signo de igual e incluimos una constante de proporcionalidad que será μ_e. Por tanto, tenemos que:

$$Fme = \mu_e N$$

donde: Fme = magnitud de la fuerza máxima de fricción estática, expresada en newtons (N)

N = magnitud de la fuerza normal que tiende a mantener unidas las superficies en contacto debido al peso, expresada en newtons (N)

μ_e = constante de proporcionalidad llamada coeficiente de fricción estático, sin unidades.

Si de la ecuación anterior despejamos μ_e tenemos:

$$\mu_e = \frac{Fme}{N} \text{ (adimensional)}$$

Por definición, **el coeficiente de fricción estático es la relación entre la magnitud de la fuerza máxima de fricción estática y la magnitud de la normal**. Como se observa, es adimensional, o sea que carece de unidades, ya que es el resultado de dividir entre sí dos fuerzas.

Para estudiar ahora la magnitud de la **fuerza de fricción dinámica (F_d)** le quitamos las pesas al bloque, con el fin de registrar la magnitud de la fuerza que se necesita para moverlo con una magnitud de velocidad constante. Observaremos que **la fuerza de fricción dinámica actúa siempre en la misma dirección, pero en sentido contrario al movimiento del bloque**, tomando en cuenta que dicho movimiento es con respecto a la superficie de deslizamiento; es decir, en sentido contrario a la velocidad, provocando una aceleración negativa y consecuentemente un frenado. **Una vez iniciado el movimiento, la fuerza de fricción dinámica se mantiene constante, independientemente de que la magnitud de la velocidad sea grande o pequeña.** Si se aumenta el peso del bloque al doble y al triple, se puede observar también que la magnitud de la fuerza de fricción dinámica se duplica o se triplica respectivamente, por tanto, es directamente proporcional a la normal entre las superficies ($F_d \propto N$), por lo que puede escribirse:

$$F_d = \mu_d N$$

donde: F_d = magnitud de la fuerza de fricción dinámica en newtons (N)

N = magnitud de la fuerza normal entre las superficies debido al peso en newtons (N)

μ_d = coeficiente de fricción dinámico, sin unidades

Al despejar a μ_d tenemos:

$$\mu_d = \frac{F_d}{N} \text{ (adimensional)}$$

Por definición, **el coeficiente de fricción dinámico (también recibe el nombre de coeficiente de fricción cinético), es la relación entre la magnitud de la fuerza de fricción dinámica y la magnitud de la fuerza normal que tiende a mantener unidas dos superficies**. Es adimensional.

Al continuar con nuestro experimento, podemos cambiar la superficie por la que se desliza el bloque, colocando una placa de vidrio, una cartulina, una tela o una placa metálica. Observaremos que la fricción depende del grado de rugosidad de la superficie, es decir, que **en las superficies lisas la fricción es menor**.

Por último, apoyamos el bloque sobre una de sus caras de menor área y comprobaremos que la **magnitud de la fuerza de fricción es prácticamente independiente de la superficie de deslizamiento**, por tanto, obtendremos aproximadamente las mismas magnitudes de la fuerza de fricción para un objeto que se desliza sobre una superficie plana, si es arrastrado por cualquiera de sus caras.

Ventajas y desventajas de la fricción

La fuerza de fricción se manifiesta en nuestra vida diaria prácticamente en todo momento, pues se presenta cuando caminamos, ya que sin la fricción de los zapatos con el suelo nos resbalaríamos (Fig. 3.10). También gracias a la fricción es posible el acto de escribir, sostener cualquier objeto con las manos, lavar pisos, paredes o ropa, frenar un vehículo, pues al aplicar el freno el roce de las balatas con el tambor de los neumáticos y el roce de éstos con el suelo posibilitan detenerlo; cuando llueve o cae granizo, la fricción con el aire evita que las gotas de agua o los trozos de hielo caigan con más fuerza sobre nosotros una vez que alcanzan su **velocidad límite o terminal**; pulir metales, brillantes o pedrería para joyería; los meteoritos que penetran a nuestra atmósfera se desintegran por el calor producido al rozar contra el aire, ello nos evita los graves riesgos a los que estaríamos expuestos si de repente cayera sobre nosotros una gran masa proveniente del espacio.

La fricción no siempre ofrece ventajas, pues debido a ella se presentan los siguientes inconvenientes: se produce un considerable desgaste en la ropa, zapatos, neumáticos, piezas metálicas, pisos, alfombras, paredes, etc.; una gran parte de la energía suministrada a las máquinas se pierde por el calor no aprovechable que se produce por la fricción.



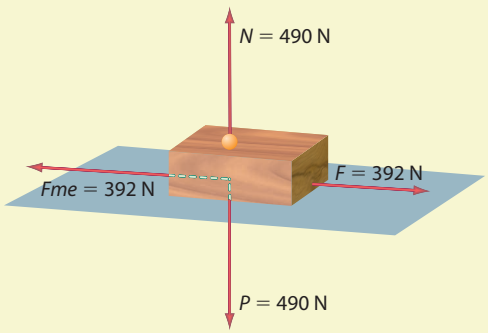
Figura 3.10
Gracias a la fricción que se produce entre la suela de los zapatos y el suelo, es posible caminar. Si no existiera la fuerza de fricción, nos resbalaríamos; tampoco podríamos sostener los objetos con las manos.

En la actualidad, el hombre ha encontrado varias maneras para reducir la fricción, y para ello se usan aceites, lubricantes, cojinetes de bolas o baleros, pues el rozamiento es menor en superficies rodantes que en las deslizantes. Asimismo, emplea superficies lisas en lugar de rugosas. De lo anterior, podemos concluir que es posible **aumentar o disminuir la fricción cuando sea conveniente**.

Ejemplos

Fricción o rozamiento

1. Un instante antes de que un prisma rectangular de madera cuyo peso es de 490 N comience a deslizarse sobre una superficie horizontal de cemento, se aplica una fuerza máxima de fricción estática con una magnitud de 392 N, como se puede observar en la figura. Calcula el coeficiente de fricción estático entre la madera y el cemento.



Solución

Datos **Fórmula**

$P = N = 490\ \text{N}$ $\mu_e = \dfrac{Fme}{N}$

$Fme = 392\ \text{N}$

$\mu_e = ?$

Sustitución y resultado

$$\mu_e = \frac{392\ \text{N}}{490\ \text{N}} = 0.8$$

2. Para que un cubo de madera cuyo peso es de 60 N iniciara su deslizamiento con una velocidad constante sobre una mesa de madera, se aplicó una fuerza horizontal cuya magnitud es de 21 N. Calcula el coeficiente de fricción dinámico entre las dos superficies.

Solución

Datos **Fórmula**

$P = N = 60\ \text{N}$ $\mu_d = \dfrac{F_d}{N}$

$F_d = 21\ \text{N}$

$\mu_d = ?$

Sustitución y resultado

$$\mu_d = \frac{21\ \text{N}}{60\ \text{N}} = 0.35$$

3. Calcula la magnitud de la fuerza que se necesita aplicar a una silla cuyo peso es de 500 N para deslizarla horizontalmente con una velocidad constante sobre una superficie cuyo coeficiente de fricción dinámico es de 0.4.

Solución

Datos

$F = ?$

$P = 500\ \text{N}$

$\mu_d = 0.4$

Solución

Como la fuerza que se requiere aplicar es de la misma magnitud que la fuerza de fricción dinámica, pero de sentido contrario, tenemos que:

$$F_d = \mu_d N$$

donde:

$$F_d = 0.4 \times 500\ \text{N} = 200\ \text{N}$$

Ejercicios

Resuelve los siguientes ejercicios, en tu cuaderno.

1. Se aplica una fuerza máxima de fricción estática cuya magnitud es de 230 N sobre un cubo de madera cuyo peso es de 300 N, un instante antes de que comience a deslizarse sobre una superficie horizontal de cemento. Calcula el coeficiente de fricción estático entre el cubo y el cemento.
2. Un bloque de madera de 20 N se jala con una fuerza máxima estática cuya magnitud es de 12 N; al tratar de deslizarlo sobre una superficie horizontal de granito, ¿cuál es el coeficiente de fricción estático entre las dos superficies?
3. Se aplica una fuerza cuya magnitud es de 85 N sobre un bloque de madera para deslizarlo a velocidad constante sobre una superficie horizontal. Si la masa del bloque de madera es de 21.7 kg, ¿cuál es el coeficiente de fricción dinámico o cinético?
4. Se requiere mover un cubo de madera cuyo peso es de 30 N sobre una superficie horizontal a una velocidad constante. Si el coeficiente de fricción dinámico o cinético es de 0.5, determina la magnitud de la fuerza que se necesita para moverlo.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: completa de manera breve los enunciados o realiza lo que se te pide.

1. En tu vida cotidiana observas que siempre que existe una interacción entre dos objetos es porque interviene una:

2. Un ejemplo de mi vida cotidiana de la aplicación de una fuerza de contacto es el siguiente:

3. Un ejemplo de mi entorno en el cual se manifiesta la existencia de una fuerza a distancia es el siguiente:

4. Cuando deseas representar gráficamente una magnitud vectorial como una fuerza, lo haces por medio de:

5. La magnitud física que te sirve para cuantificar la acción de la fuerza gravitacional sobre la masa de un objeto es:

6. Cuando desplazas o intentas desplazar un objeto cualquiera que está en contacto con otro, como es el caso de un mueble al desplazarlo sobre el suelo, se produce entre ellos:

7. Escribe un ejemplo de tu vida cotidiana que sirva para ejemplificar que en cualquier situación, la magnitud de la fuerza de fricción estática es un poco mayor que la magnitud de la fuerza de fricción cinética o dinámica:

8. Tú puedes sostener un libro, un vaso, caminar sobre el suelo, etc., gracias a la existencia de:

9. La magnitud física con la cual representas la cantidad de materia contenida en un objeto, por ejemplo en una caja de madera es:

10. En virtud de que el peso de un objeto es directamente proporcional a su masa, si duplicas el peso de un costal de naranjas, la masa del costal se:

Coevaluación

Intercambia tus respuestas con otro(a) compañero(a), califíquense y corrijan si es necesario. Intercambien sus saberes y fortalezcan su aprendizaje. Consulten a su profesor(a) en caso de duda.

Uso de TIC

Con el propósito de que investigues más acerca de las características de la fuerza, consulta la siguiente página de Internet:

http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1184

Antecedentes históricos del estudio del movimiento mecánico (Aristóteles, Galileo Galilei, Isaac Newton)

¿Te has puesto a reflexionar por qué los objetos en movimiento se detienen?

Desde que el hombre tuvo la posibilidad de reflexionar acerca del porqué del movimiento de los objetos, se obtuvieron conclusiones, algunas equivocadas, como las del filósofo griego **Aristóteles (384-322 a.C.)**, quien de acuerdo con lo que podía observar señalaba que un objeto sólo se puede mover de manera constante si existe una fuerza actuando sobre él (Fig. 3.11). Aún en nuestros días, para muchas personas esta afirmación es correcta, pues observan que a un objeto cualquiera como un sillón, una piedra, una mesa, entre otras, para seguir en movimiento se le debe aplicar una fuerza y en el momento en que ésta cesa se detienen.



Figura 3.11
Aristóteles reflexionaba erróneamente que para que un objeto se moviera de manera constante, debería estar recibiendo permanentemente una fuerza aplicada.

Fue muchos siglos después que **Galileo Galilei (1564-1642)**, con base en sus experimentos, concluyó lo que ahora sabemos, que la mesa se detiene porque existe una fuerza de fricción entre la mesa y el piso que se opone a su movimiento.

Sin embargo, si la fuerza de fricción dejara de existir, sobre una superficie totalmente lisa y sin la resistencia del aire (que recibe el nombre de fuerza viscosa), al darle un empujón a la mesa, ésta continuaría de manera indefinida en movimiento a velocidad constante (Fig. 3.12).

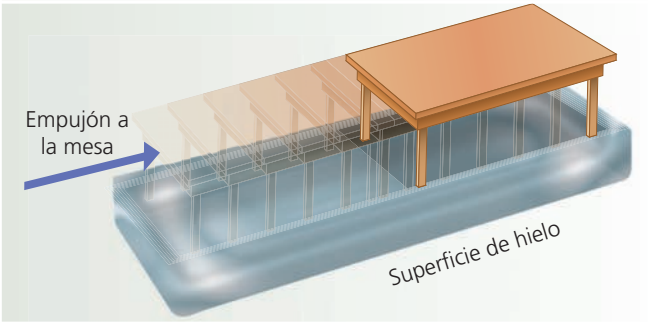


Figura 3.12
Galileo demostró que si se reduce la fuerza de fricción, al darle un solo empujón a un objeto, éste continúa en movimiento.

Galileo enunció su principio de la inercia en los siguientes términos:

En ausencia de la acción de fuerzas, un objeto en reposo, continuará en reposo, y uno en movimiento se moverá en línea recta a velocidad constante.

Isaac Newton (1643-1727) nació en Inglaterra y ha sido una de las inteligencias más brillantes del mundo, sus conceptos aún siguen vigentes. Estudioso de las leyes naturales que rigen el movimiento de los objetos, observó la caída de una manzana al suelo, y a partir de ahí estableció las relaciones entre la fuerza que provocaba la caída de la manzana y la fuerza que sostenía a la Luna en su órbita alrededor de la Tierra. En 1679, ya había determinado con precisión el radio terrestre: 6 371.4 km. En 1687 publicó su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*; en este libro Newton expuso tres leyes conocidas como leyes de Newton o leyes de la dinámica, así como la ley de la gravitación universal.

3.1 Leyes de la dinámica

Ley de la inercia o primera ley de Newton

El físico inglés **Isaac Newton** aprovechó los estudios previos realizados por Galileo y enunció su **primera ley de la mecánica o ley de la inercia** en los siguientes términos:

Todo objeto se mantiene en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, si la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es cero.

Hay muchos ejemplos en los que se puede apreciar de manera práctica la **primera ley de Newton o ley de la inercia**. Veamos algunos a continuación.

Cuando viajamos en un automóvil, al frenar de manera brusca el conductor, los pasajeros se van hacia adelante, siguiendo en movimiento, lo que puede resultar fatal, en el caso de un choque, pues es posible que se estrellen contra el parabrisas, asientos o puerta y salgan seriamente heridos si no llevan puesto el cinturón de seguridad (Fig. 3.13).



Figura 3.13
El uso del cinturón de seguridad evita que el conductor se impacte contra el parabrisas como consecuencia de la inercia, en caso de que el coche se detenga de manera intempestiva.

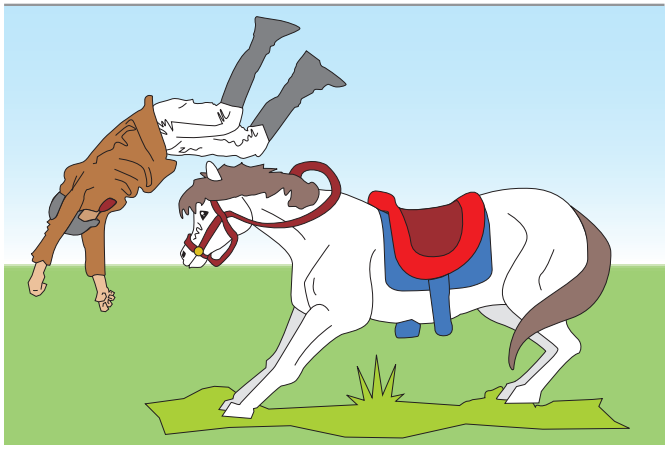


Figura 3.14
Cuando un caballo detiene intempestivamente su carrera, el jinete sale disparado hacia adelante, ya que debido a su inercia conserva su estado de movimiento, hasta que el rozamiento con el suelo lo detiene.

Cuando un jinete corre velozmente con su caballo y éste detiene de repente su carrera, el jinete sale disparado hacia adelante, pues continúa su movimiento (Fig. 3.14).

Cuando un paracaidista se lanza desde un avión (Fig. 3.15), recibe la **fuerza viscosa del aire**, que actúa hacia arriba, contrarrestando la fuerza de atracción de la gravedad, es decir, su peso que actúa hacia abajo, por lo que después de un cierto tiempo, las dos fuerzas llegan a ser de igual magnitud y, de acuerdo con la primera ley de Newton, **como la resultante de las fuerzas que actúan sobre el paracaidista es cero, descenderá con una velocidad constante que recibe el nombre de velocidad terminal**, y cuya magnitud es aproximadamente de 200 km/h. Es decir: **¡Se mueve sin necesidad de recibir una fuerza!**

Cabe señalar que **un paracaidista de mayor peso alcanza una velocidad terminal de mayor magnitud que un paracaidista de menor peso**. Sin embargo, el de menor peso puede aumentar la magnitud de su velocidad terminal si busca una posición vertical respecto al suelo, al caer de cabeza o de pie, en lugar de hacerlo en



Figura 3.15
Estos paracaidistas caen hacia el suelo con una velocidad constante llamada velocidad terminal, cuando después de un cierto tiempo en que iniciaron su caída, la resultante de las fuerzas que actúan sobre ellos es cero: R = fuerza viscosa del aire (hacia arriba) + (−peso de los paracaidistas hacia abajo) = 0.

posición extendida, para reducir la magnitud de la fuerza de fricción con el aire. Cuando el paracaidista abre su paracaídas, la magnitud de la fuerza viscosa del aire se incrementa considerablemente y la magnitud de la velocidad terminal del paracaidista disminuye notablemente a una magnitud muchísimo menor que 200 km/h.

Ya habíamos mencionado en la unidad anterior, en la parte correspondiente a la caída libre de los objetos, que las gotas de lluvia, granizo, paracaidistas, etc., alcanzan su velocidad terminal cuando su peso tiene la misma magnitud que la fuerza debida a la resistencia de las moléculas del aire (fuerza viscosa del aire).

La primera ley es totalmente válida cuando se trata de un sistema de referencia inercial. Dicho sistema es aquel en el cual **no hay aceleración**, es decir, se considera que está en reposo, o bien, se mueve a velocidad constante. Así pues, **aquellos sistemas de referencia que se mueven con velocidad uniforme unos respecto a los otros, reciben el nombre de inerciales**. Se ha determinado de manera experimental que todos los sistemas de referencia inerciales son equivalentes para la medición de los fenómenos físicos. Esto quiere decir que cuando diferentes observadores se encuentran en sus respectivos **sistemas de referencia inerciales**, pueden obtener diferentes valores numéricos de las magnitudes físicas medidas; sin embargo, las leyes de la física son las mismas para todos los observadores, por lo que las relaciones entre las magnitudes físicas medidas también serán las mismas.

Segunda ley de Newton o ley de la proporcionalidad entre fuerzas y aceleraciones

Esta ley se refiere a los cambios en la magnitud de la velocidad que sufre un objeto cuando recibe una fuerza. **Un cambio en la velocidad** de un objeto efectuado en la unidad de tiempo, **recibe el nombre de aceleración**. Así, el efecto de **una fuerza desequilibrada sobre un objeto produce una aceleración**. Cuanto mayor sea la magnitud de la fuerza aplicada, mayor será la magnitud de la aceleración. Debemos recordar que aceleración también significa cambios en la dirección del objeto en movimiento, independientemente de que la magnitud de la velocidad cambie o permanezca constante; es el caso cuando se hace girar un objeto atado al extremo de una cuerda, pues ésta aplica una fuerza al objeto y evita que salga disparado en línea recta acelerándolo hacia el centro de la circunferencia.

Podemos observar cómo varía la magnitud de la aceleración de un objeto al aplicarle la fuerza, realizando la siguiente actividad:

Si a un coche de juguete le damos dos golpes diferentes, primero uno leve y después otro más fuerte, el resultado será una mayor magnitud de aceleración del mismo a medida que aumenta la magnitud de la fuerza que recibe.

Por tanto, podemos decir que la **magnitud de la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada, es decir, a *F*** y el cociente de la magnitud de la fuerza entre la magnitud de la aceleración producida es igual a una constante:

$$\frac{F_1}{a_1}=\frac{F_2}{a_2}=\frac{F_n}{a_n}=k=\text{constante}$$

El valor de la constante k representa la propiedad del objeto que recibe el nombre de **masa**, por lo cual podemos escribir:

$$\frac{F}{a}=m$$

o bien:

$$m=\frac{F}{a}$$

La relación $\frac{F}{a}$ es un valor constante para cada objeto en particular, y recibe el nombre de **masa inercial**, porque **es una medida cuantitativa de la inercia**.

La masa (m) de un objeto, como ya señalamos, **representa una medida de la inercia** de dicho objeto, y su unidad fundamental en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg), mismo que resulta de sustituir las unidades correspondientes de fuerza y aceleración. Veamos:

$$m=\frac{F}{a}=\frac{N}{\text{m/s}^2}=\frac{\text{kg m/s}^2}{\text{m/s}^2}=\text{kg}$$

En el sistema CGS la unidad de masa es el gramo (g): 1 kg = 1 000 g.

La segunda ley de Newton también relaciona la aceleración con la masa de un objeto, pues señala claramente que una fuerza constante acelera más a un objeto con menor masa que a uno con mayor masa. Comprueba lo anterior, al empujar un carro de los que se usan en las tiendas de autoservicio, observarás que al moverlo cuando está vacío exige menor esfuerzo que cuando se encuentra lleno.

Comprenderemos la relación entre la aceleración y la masa del cuerpo, al realizar la siguiente actividad:

A un carrito de 40 g le aplicamos una fuerza y observamos cuál fue su aceleración. Ahora le aplicamos la misma fuerza, pero antes le agregamos una masa equivalente a 40 g, de manera que su masa se duplique; la magnitud de su aceleración será $\frac{a}{2}$.

Al triplicar la masa del carrito agregándole otros 40 g y al aplicarle la misma fuerza, la magnitud de la aceleración será $\frac{a}{3}$ o $\frac{a}{4}$ si cuadruplicamos su masa. De lo anterior, concluimos que cuando la fuerza aplicada es constante, **la magnitud de la aceleración de un objeto es inversamente proporcional a su masa**.

En forma matemática puede escribirse como:

$$a \propto \frac{1}{m}$$

Al observar y cuantificar los efectos de la fuerza y la masa sobre la aceleración de los objetos se llega al enunciado de la **segunda ley de Newton: toda fuerza resultante diferente de cero, al ser aplicada a un objeto, le produce una aceleración en la misma dirección en que actúa. La magnitud de dicha aceleración es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del objeto**.

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$a = \frac{F}{m}$$

donde: a = magnitud de la aceleración en m/s^2 o cm/s^2

F = magnitud de la fuerza en newtons (N) o dinas

m = masa del cuerpo en kilogramos (kg) o gramos (g)

De esta expresión podemos despejar la magnitud de la fuerza, lo cual nos permitirá comprender con mayor facilidad el significado del newton como unidad de fuerza en el Sistema Internacional:

$$F = ma$$

Sustituyendo las unidades de masa y aceleración tenemos:

$$\mathbf{kg\ m/s^2 = newton\ (N)}$$

Por definición, **se aplica una fuerza con una magnitud de un newton cuando a un objeto cuya masa es de un kilogramo se le imprime una magnitud de aceleración de un metro por segundo cuadrado**.

Como el peso de un objeto representa la magnitud de la fuerza con que la Tierra atrae a la masa de dicho objeto, entonces:

$$P = mg \therefore m = \frac{p}{g}$$

De donde la segunda ley de Newton puede escribirse también como:

$$F = \frac{p}{g}a$$

donde: F = magnitud de la fuerza aplicada al cuerpo en newtons (N)

P = magnitud del peso en newtons (N)

g = magnitud de la aceleración de la gravedad = 9.8 m/s^2

a = magnitud de la aceleración que recibe el cuerpo en m/s^2

Recuerda que **el peso de un objeto representa una fuerza** y, por tanto, es una magnitud vectorial cuya dirección es vertical y su sentido está dirigido siempre hacia el centro de la Tierra. El peso de un objeto depende de la fuerza de gravedad, y se mide en newtons en el Sistema Internacional. Su magnitud se calcula al multiplicar la masa del objeto por la magnitud de la aceleración de la gravedad: $\boldsymbol{P = mg}$.

Tercera ley de Newton o ley de la acción y la reacción

Para comprender el significado de esta ley, que es conocida también como **ley de las interacciones o bien, como ley de la acción y la reacción**, analiza los siguientes hechos:

1. Cuando se patea una pelota de futbol (acción) se ejerce una fuerza sobre ella que la impulsa, pero a su vez, la pelota ejerce otra fuerza (reacción) de la misma intensidad o módulo en la misma dirección pero en sentido contrario, y que se manifiesta por el efecto que la patada produce en el pie (Fig. 3.16). ¿Qué sucede si en vez de patear una pelota se patea con fuerza una roca?
2. Cuando caminamos, debido a la fuerza de fricción entre nuestros zapatos y el suelo, empujamos al suelo en un sentido (acción) y el suelo a su vez nos impulsa en el otro sentido (reacción).
3. Un imán se acerca a un clavo y se observa cómo el imán atrae al clavo (acción); sin embargo, el clavo también atrae al imán (reacción) con la misma intensidad y dirección, pero en sentido contrario (Fig. 3.17).
4. Debido al escape de los gases por la abertura inferior de la cámara de combustión de un cohete (acción) se produce el empuje necesario para su ascenso (reacción).
5. Cuando nos paramos sobre cualquier superficie ejercemos sobre ésta una fuerza hacia abajo (acción) y al mismo tiempo la superficie ejerce una fuerza hacia arriba bajo nuestro cuerpo (reacción). La intensidad y dirección de las fuerzas es la misma, pero en sentido contrario.

Los ejemplos anteriores nos posibilitan concluir que siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre otro objeto, éste también ejerce



Figura 3.16
La acción que produce la fuerza que aplicamos cuando pateamos una pelota, ocasiona una fuerza de reacción que se manifiesta sobre nuestro pie.



Figura 3.17
El imán atrae a los clavos con la misma fuerza con que éstos atraen al imán.

una fuerza sobre aquél, de la misma intensidad o módulo, en la misma dirección pero en sentido contrario. **La tercera ley de la acción y la reacción, también llamada ley de las interacciones** se puede enunciar de las siguientes maneras:

a) A toda acción corresponde una reacción de la misma magnitud que actúa en la misma dirección pero con sentido contrario.

b) **Cuando un objeto A ejerce una fuerza sobre un objeto B, éste reacciona sobre A ejerciendo una fuerza de la misma intensidad y dirección, pero en sentido contrario.**

Para interpretar correctamente esta ley debemos tomar en cuenta que la fuerza que produce la acción actúa sobre un objeto y la fuerza de reacción actúa sobre otro. Por lo tanto, nunca actúan sobre el mismo objeto, sino que son una pareja de fuerzas que obran sobre distintos objetos, razón por la cual no producen equilibrio. Pensemos en lo que sucede al empujar un automóvil como se muestra en la figura 3.18.

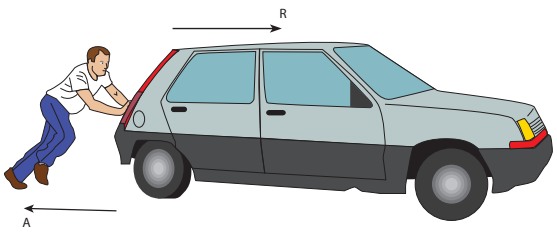


Figura 3.18
El coche logra moverse porque la fuerza que produce la acción (A) actúa sobre un objeto (la Tierra) y la fuerza de reacción (R) actúa sobre otro (el coche).

Al empujar el carro hacia adelante, éste ejerce una reacción igual pero en sentido opuesto; sin embargo, se mueve, pues al aplicar la fuerza al carro estamos empujando hacia atrás el suelo con nuestro pie, por consiguiente, la Tierra nos empuja hacia delante con la misma magnitud de fuerza con la cual se logra mover el carro.

Ejemplos

Segunda ley de Newton

1. Calcula la magnitud de la aceleración que produce una fuerza cuya magnitud es de 100 N a un triciclo cuya masa es de 6 000 g. Expresa el resultado en m/s^2.

Solución

Datos

$a = ?$

$F = 100\ \text{N}$

$m = 6\,000\ \text{g} = 6\ \text{kg}$

Fórmula

$$a = \frac{F}{m}$$

Sustitución y resultado

$$a = \frac{100\ \text{kg m/s}^2}{6\ \text{kg}} = \mathbf{10.67\ m/s^2}$$

2. Calcula la masa de un coche de juguete, si al recibir una fuerza cuya magnitud es de 0.5 N le produce una aceleración cuya magnitud es de 70 cm/s^2. Expresa el resultado en kilogramos.

Solución

Datos

$\boldsymbol{m = ?}$

$F = 0.5\ \text{N}$

$a = 70\ \text{cm/s}^2 = 0.7\ \text{m/s}^2$

Fórmula

$$a = \frac{F}{m} \therefore m = \frac{F}{a}$$

Sustitución y resultado

$$m = \frac{0.5\ \text{kg m/s}^2}{0.7\ \text{m/s}^2} = \mathbf{0.714\ kg}$$

3. Determina la magnitud de la fuerza que recibe una pelota cuya masa es de 0.4 kg, la cual le produce una aceleración cuya magnitud es de 2 m/s^2.

Solución

Datos

$\boldsymbol{F = ?}$

$m = 0.4\ \text{kg}$

$a = 2\ \text{m/s}^2$

Fórmula

$$a = \frac{F}{m} \therefore F = ma$$

Sustitución y resultado

$$F = 0.4\,\text{kg} \times 2\,\text{m/s}^2 = 0.8\,\text{kg m/s}^2 = 0.8\,\text{N}$$

4. Determina la magnitud del peso de un sillón cuya masa es de 40 kg.

Solución

Datos

$\boldsymbol{P = ?}$

$m = 40\,\text{kg}$

$g = 9.8\,\text{m/s}^2$

Fórmula

$P = mg$

Sustitución y resultado

$$P = 40\,\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2 = \mathbf{392\,N}$$

5. Calcula la masa de una silla cuyo peso tiene una magnitud de 10 N.

Solución

Datos

$\boldsymbol{m = ?}$

$P = 10\,\text{N}$

$g = 9.8\,\text{m/s}^2$

Fórmula

$P = mg \therefore m = \dfrac{p}{g}$

Sustitución y resultado

$$m = \frac{10\,\text{kg m/s}^2}{9.8\,\text{m/s}^2} = \mathbf{1.02\,kg}$$

6. Determina la magnitud de la fuerza neta que debe aplicarse a un balón cuyo peso tiene una magnitud de 4.2 N para que adquiera una aceleración cuya magnitud es de 3 m/s^2.

Solución

Datos

$\boldsymbol{F = ?}$

$P = 400\,\text{N}$

$a = 2\,\text{m/s}^2$

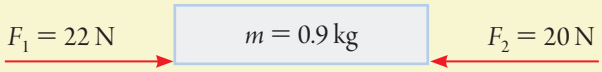
Fórmula

$F = \dfrac{p}{g}a$

Sustitución y resultado

$$F = \frac{4.2\,\text{kg m/s}^2}{9.8\,\text{m/s}^2} \times 3\,\text{m/s}^2 = 1.29\,\text{kg m/s}^2 = \mathbf{1.29\,N}$$

7. Calcula la magnitud de la aceleración que recibe el siguiente bloque como resultado de las fuerzas aplicadas. Considera despreciable la fuerza de fricción.



Solución

Datos

$\boldsymbol{a = ?}$

$F_1 = 22\,\text{N}$

$F_2 = -20\,\text{N}$

$m = 0.9\,\text{kg}$

Fórmula

$F_R = F_1 + F_2$

$a = \dfrac{F_R}{m}$

Sustitución y resultado

La magnitud de F_R se obtiene restando F_2 de F_1 ya que F_2 es de sentido contrario a F_1:

$$F_R = 22\,\text{N} + (-20\,\text{N}) = 2\,\text{N}$$

La magnitud de la aceleración es igual a:

$$a = \frac{F_R}{m} = \frac{2\,\text{kg m/s}^2}{0.9\,\text{kg}} = \mathbf{2.22\,m/s^2}$$

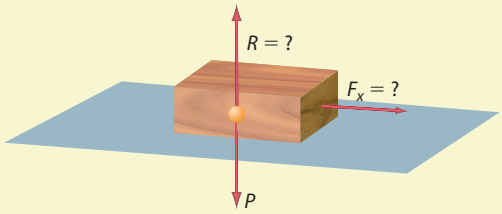
8. Un bloque cuya masa es de 4 kg es jalado mediante una fuerza horizontal (F_x) como se muestra en la figura siguiente.

Calcular

a) La magnitud de la fuerza de reacción (R) que ejerce el piso sobre el bloque.

b) La magnitud de la fuerza horizontal (F_x) que se requiere para dar al bloque una velocidad horizontal cuya magnitud es de 6 m/s en 2 segundos a partir del punto de reposo.

Considera despreciable la fricción entre el piso y el bloque.



Solución

Datos

$\boldsymbol{m = 4\,\text{kg}}$

a) $\boldsymbol{R = ?}$

b) $\boldsymbol{F_x = ?}$

$v_x = 6\,\text{m/s}$

$t = 2\,\text{s}$

$g = 9.8\,\text{m/s}^2$

Fórmula

a) $P = mg$

b) $F_x = ma_x$

c) $F_y = ma_y$

Sustitución y resultados

a) Para calcular la magnitud de la fuerza de reacción que el piso ejerce sobre el bloque, con la segunda ley de Newton determinamos la suma de las magnitudes de las fuerzas en el eje vertical:

$$\Sigma F_y = R + (-P) = ma_y$$

El signo (−) del peso es porque su sentido es hacia abajo; como el bloque se desplaza únicamente en forma horizontal no hay movimiento vertical, por lo que la aceleración vertical (a_y) es cero.

Donde:

$$\Sigma F_y = ma_y = 0 \therefore R - P = 0$$

Lo anterior indica que la magnitud de la fuerza de reacción (R) es igual a la magnitud del peso del cuerpo (P):

$$R = P = mg = 4\,\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2 = \mathbf{39.2\,N}$$

b) Para calcular la magnitud de la fuerza horizontal (F_x) requerida para mover el bloque con una velocidad horizontal (v_x) con una magnitud de 6 m/s en 2 s, tenemos que la única fuerza que actúa sobre el eje horizontal y cuya magnitud es la que calcularemos de acuerdo con la segunda ley de Newton:

$$F_x = ma_x$$

Para calcular la magnitud de la aceleración horizontal (a_x):

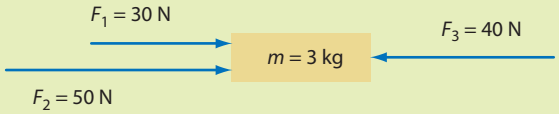
$$a_x = \frac{v_x - v_o}{t} = \frac{6\,\text{m/s} - 0}{2\,\text{s}} = 3\,\text{m/s}^2$$

donde:

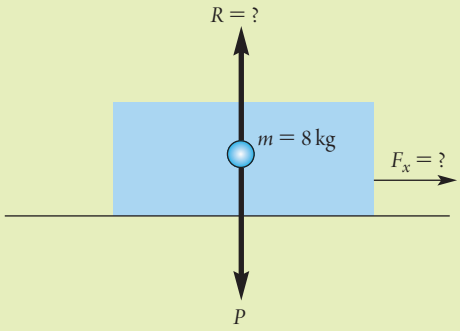
$$F_x = ma_x = 4\,\text{kg} \times 3\,\text{m/s}^2 = \mathbf{12\,N}$$

Ejercicios

1. Determina la magnitud de la fuerza que se debe aplicar a una mesa cuya masa es de 40 kg para que adquiera una aceleración con magnitud de 3 m/s^2.
2. Calcula la masa de una caja en kilogramos, si al recibir una fuerza cuya magnitud es de 300 N le produce una aceleración con una magnitud de 150 cm/s^2.
3. Determina la magnitud de la aceleración en m/s^2 que le produce una fuerza cuya magnitud es de 75 N a una silla cuya masa es de 1 500 gramos.
4. Calcula la magnitud de la fuerza que se le aplica a un sillón de 10 kg de masa si adquiere una aceleración cuya magnitud es de 2.5 m/s^2.
5. Halla la magnitud del peso de una roca cuya masa es de 100 kg.
6. Determina la masa de una maceta cuyo peso es de una magnitud de 1 500 N.
7. Calcula la magnitud de la fuerza neta que debe aplicarse a un triciclo cuyo peso es de una magnitud de 25 N para que adquiera una aceleración cuya magnitud es de 3 m/s^2.
8. Determina la magnitud de la aceleración que recibe el bloque de la figura siguiente, como resultado de las fuerzas aplicadas.



9. Un prisma rectangular cuya masa es de 8 kg es jalado mediante una fuerza horizontal, como se puede observar en la figura siguiente.



Calcula

a) La magnitud de la fuerza de reacción (R) que ejerce el piso sobre el bloque.

b) La magnitud de la fuerza horizontal (F_x) que se requiere para dar al bloque una velocidad horizontal con magnitud de 4 m/s en 1.5 s a partir del reposo. Desprecia la fricción entre el piso y el bloque.

El universo

El hombre ha observado, desde tiempos muy remotos, a los astros y al universo en general, tratando de explicarse el porqué de su origen, su constitución, sus movimientos y su evolución. Debido a las limitaciones que tenían para hacer una interpretación correcta del universo, los hombres de la antigüedad interpretaban lo que sus ojos veían. Por lo cual consideraban a la Tierra sin movimiento y como el centro del universo, pues creían que todo giraba alrededor de ella (teoría geocéntrica).

Hiparco, astrónomo griego que vivió en 125 a.C. aproximadamente, logró hacer una lista con más de mil estrellas. Sin embargo, afirmaba que la Tierra era plana y ocupaba el centro del universo.

Claudio Ptolomeo, geógrafo y astrónomo griego (siglo II d. C.), basándose en las enseñanzas equivocadas de Hiparco proponía sus teorías considerando a la Tierra inmóvil y plana; en ellas suponía a los planetas girando alrededor de la Tierra, describiendo trayectorias circulares. Fue considerado un gran sabio, sus ideas perduraron durante más de 1 300 años. En la figura 3.19 se observa la manera en que Ptolomeo representaba el sistema cósmico.

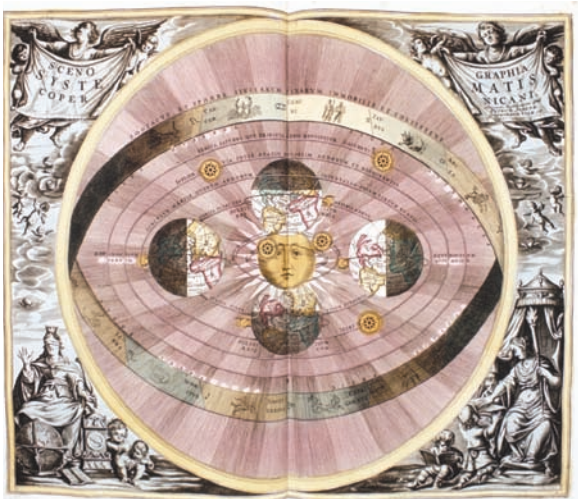


Figura 3.19
Sistema cósmico de Ptolomeo. Suponía a los planetas girando alrededor de la Tierra, y a ésta, como plana e inmóvil.

Nicolás Copérnico, astrónomo polaco (1473-1543), corrigió la teoría de Ptolomeo y, basándose en la teoría de **Aristarco** (astrónomo griego que en el siglo III a.C. había dicho que la Tierra se movía alrededor del Sol), propuso que la Tierra era redonda y giraba sobre su propio eje cada 24 horas, además de dar una vuelta alrededor del Sol cada 365 días. No obstante, lo revolucionario de sus ideas chocaba completamente con lo que se pensaba en su época, motivo por el cual su obra *Sobre las revoluciones de las esferas celestes* fue publicada hasta 1543, año en el que murió. La Iglesia católica condenó como prohibido el libro de Copérnico, pues iba en contra de sus creencias religiosas.

Tycho Brahe, astrónomo danés (1546-1601), logró descubrir algunas leyes sobre el movimiento de la Luna, además calculó la posición de 777 estrellas y obtuvo datos interesantes sobre los cometas. Todo lo anterior lo realizó gracias a las facilidades proporcionadas por Federico II, rey de Dinamarca, quien le mandó construir un observatorio, asignándole un sueldo para que pudiera realizar sus investigaciones. Cuando el rey Federico II murió, se vio obligado a marcharse a Praga, lugar en donde tuvo como discípulo a Johannes Kepler.

Johannes Kepler, astrónomo alemán (1571-1630), aprovechó todas las enseñanzas de Copérnico, mismas que aunadas a su gran interés por encontrar cómo se movían los planetas alrededor del Sol, después de muchos años de estudio, pudo descubrir que éstos no se movían formando círculos sino describiendo órbitas elípticas (ovaladas). Sus profundos estudios le permitieron formular tres leyes sobre el movimiento de los planetas, las cuales actualmente sirven de base a la astronomía.

Velocidad y aceleración tangencial

En el bloque anterior, señalamos que la velocidad tangencial representa la magnitud de la velocidad que llevará un cuerpo al salir disparado en forma tangencial a la circunferencia que describa. Para que una partícula o un objeto cambien la magnitud de su velocidad, debe experimentar una aceleración, misma que recibe el nombre de aceleración tangencial

3.2 Ley de la Gravitación Universal



Figura 3.20
Isaac Newton (1642-1727) ha trascendido como uno de los más grandes físicos de todos los tiempos, gracias a su ley de la gravitación universal y a sus leyes de la mecánica.

Newton (Fig. 3.20), el gran físico y matemático inglés, nació en 1642, año en el que murió Galileo Galilei. Después de estudiar las teorías de Kepler sobre el movimiento de los planetas, decidió investigar la causa de que éstos pudieran girar alrededor de órbitas bien definidas.

Desde tiempos remotos, el hombre trató de encontrar una explicación al porqué del peso de un objeto, por qué todo objeto suspendido en el aire al cesar la fuerza que lo sostiene cae al suelo, y por qué todo objeto lanzado hacia arriba va disminuyendo la magnitud de su velocidad hasta que se anula y regresa al suelo.

Ahora sabemos que todos los fenómenos anteriores se deben a la existencia de **una fuerza llamada gravedad**. Aunque todavía no se conoce mucho acerca de la naturaleza de esta fuerza, el hombre trata de estudiar sus efectos sobre los objetos.

El primero en describir la forma en que actúa la gravedad fue Newton, quien encontró que **todos los objetos ejercen entre sí una fuerza de atracción, a la cual llamó fuerza gravitacional**.

Newton explicó que la atracción gravitatoria mantenía a los planetas en sus órbitas alrededor del Sol, al igual que la misma fuerza mantiene a la Luna en órbita alrededor de la Tierra.

En 1687, Newton publicó su Ley de la Gravitación Universal, en ella expuso que la atracción gravitatoria está en función de la masa de los objetos y de la distancia entre ellos.

Cuanto mayor masa tenga un objeto, mayor será la fuerza con que atraerá a los demás objetos. Debido a ello, un hombre tiene menor peso en la Luna que en la Tierra, pues la masa de la Tierra es mayor que la de la Luna y, por tanto, también será mayor su fuerza gravitatoria.

La fuerza gravitatoria con la cual se atraen dos objetos será mayor a medida que disminuya la distancia existente entre ellos (Fig. 3.21).



Figura 3.21
Dos cuerpos se atraen con una fuerza gravitacional mayor a medida que disminuye la distancia existente entre ellos.

La Ley de la Gravitación Universal se enuncia de la siguiente manera:

Dos objetos cualesquiera se atraen con una fuerza cuya magnitud es directamente proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Matemáticamente se expresa como:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

donde: F = magnitud de la fuerza de atracción gravitacional en newtons (N) o dinas

G = constante de gravitación universal cuya magnitud en el Sistema Internacional es:

$$\text{SI } G = 6.67 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2/\text{kg}^2$$

m_1 y m_2 = masa de los objetos en kilogramos (kg)

d = distancia que hay entre los centros de gravedad de ambos objetos en metros (m)

Con la ecuación anterior es posible calcular la magnitud de la fuerza de atracción de dos objetos cualesquiera, como una silla y una mesa, una persona con otra, un automóvil y una bicicleta, o el Sol y la Tierra entre otros. Cabe señalar que la fuerza de atracción entre dos objetos de poca masa es muy pequeña, razón por la cual no es observable ningún efecto al acercar dos objetos. No sucede esto con la atracción de la Tierra sobre los objetos que están sobre su superficie o cerca de ella, pues por su gran masa los atrae hacia su centro con una gran fuerza gravitacional.

Si deseas profundizar en estos temas, visita nuestra página web www.sali.org.mx donde encontrarás el video: "Ley de la gravitación universal.mp4".

Ejemplos

Ley de la Gravitación Universal

1. Calcular la magnitud de la fuerza gravitacional con la que se atraen dos muchachas, si una de ellas tiene una masa de 60 kg y la otra de 70 kg, y la distancia que hay entre ellas es de 1.5 m.

Solución

Datos

$F = ?$

$m_1 = 60\ \text{kg}$

$m_2 = 70\ \text{kg}$

$d = 1.5\ \text{m}$

$G = 6.67 \times 10^{-11}\dfrac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Fórmula

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Sustitución y resultado

$$F = 6.67 \times 10^{-11}\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{60\ \text{kg} \times 70\ \text{kg}}{(1.5\ \text{m})^2}$$

$$= 12\,450.66 \times 10^{-11}\ \text{N}$$

2. Calcular la magnitud de la fuerza con la que se atraen una mesa pequeña y un sillón cuyas magnitudes de peso son 98 N y 300 N, al haber entre ellos una distancia de 50 cm. Da el resultado en unidades del SI.

Solución

Datos

$\boldsymbol{F = ?}$

$P_1 = 98\ \text{N}$

$P_2 = 300\ \text{N}$

$d = 50\ \text{cm} = 0.5\ \text{m}$

Fórmula

$$P = mg \therefore m = \frac{p}{g}$$

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Sustitución y resultados

$$m_1 = \frac{p_1}{g} = \frac{98\ \text{kg m/s}^2}{9.8\ \text{m/s}^2} = 10\ \text{kg}$$

$$m_2 = \frac{p_2}{g} = \frac{300\ \text{kg m/s}^2}{9.8\ \text{m/s}^2} = 30.61\ \text{kg}$$

$$F = 6.67 \times 10^{-11}\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{10\ \text{kg} \times 30.61\ \text{kg}}{(0.5\ \text{m})^2}$$

$$= \mathbf{8\,166.7 \times 10^{-11}\ N}$$

3. ¿A qué distancia se encuentran dos cajas de 4×10^{-2} kg y 9×10^{-3} kg, si la fuerza con la que se atraen tiene una magnitud de 9×10^{-9} N ?

Solución

Datos

$\boldsymbol{d = ?}$

$m_1 = 4 \times 10^{-2}\,\text{kg}$

$m_2 = 9 \times 10^{-3}\,\text{kg}$

$F = 9 \times 10^{-9}\,\text{N}$

$G = 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Fórmula

$F = G\,\frac{m_1 m_2}{d^2}$ ∴

$d^2 = \frac{Gm_1 m_2}{F}$

Sustitución y resultados

$$d^2 = \frac{6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times 36 \times 10^{-5}\,\text{kg}}{9 \times 10^{-9}\,\text{N}}$$

$$= 26.68 \times 10^{-7}\,\text{m}^2$$

$$d = \sqrt{2.668 \times 10^{-6}\,\text{m}^2} = \mathbf{1.63 \times 10^{-3}\,m}$$

4. Calcular la masa de un bloque de madera si la magnitud de la fuerza gravitacional con que se atrae con un sillón de 20 kg es de 40×10^{-11} N y la distancia a la que se encuentran uno del otro es de 4 m.

Solución

Datos

$m_1 = ?$

$m_2 = 20\,\text{kg}$

$F = 40 \times 10^{-11}\,\text{N}$

$d = 4\,\text{m}$

$G = 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Fórmula

$F = G\,\frac{m_1 m_2}{d^2}$ ∴

$m_1 = \frac{Fd^2}{Gm_2}$

Sustitución y resultado

$$m_1 = \frac{40 \times 10^{-11}\,\text{N}\,(4\,\text{m})^2}{6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times 20\,\text{kg}} = \mathbf{4.79\,kg}$$

5. Determina la magnitud de la fuerza gravitacional que ejercerá la Tierra sobre un diccionario cuya masa es de 1 kg al estar colocado en un punto donde el radio terrestre es de 6.336×10^6 m. La masa de la Tierra es de 5.9×10^{24} kg.

Solución

Datos

$m_1 = 1\,\text{kg}$

$d = 6.336 \times 10^6\,\text{m}$

$m_2 = 5.9 \times 10^{24}\,\text{kg}$

$\boldsymbol{F = ?}$

$G = 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

Fórmula

$F = G\,\frac{m_1 m_2}{d^2}$

Sustitución y resultado

$$F = 6.67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{1\,\text{kg} \times 5.9 \times 10^{24}\,\text{kg}}{(6.336 \times 10^6\,\text{m})^2} = \mathbf{9.8\,N}$$

Nota: La distancia entre el diccionario y la Tierra se tomó igual al radio de la Tierra, pues se considera al centro de ésta como el punto donde se concentra su peso. En general, para calcular la fuerza de atracción gravitacional entre los objetos se mide la distancia a partir de sus centros de gravedad, es decir, del lugar donde se considera concentrado su peso.

Uso de TIC

Para que te acerques más al conocimiento de las leyes de Newton, fuerzas y acciones o participes en un laboratorio virtual de dinámica o razonamiento, te resultará interesante la siguiente página de Internet:
http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/Dinamica/index.htm

Ejercicios

1. Un librero cuya masa es de 60 kg se encuentra a una distancia de 0.4 m de un sillón cuya masa es de 48 kg, determina la magnitud de la fuerza gravitacional con la cual se atraen.
2. Determina la magnitud de la fuerza gravitacional con la que se atraen un automóvil compacto de 1 200 kg con una camioneta de carga de 4 500 kg, al estar separados a una distancia de 5 m.
3. Una placa metálica cuyo peso tiene una magnitud de 800 N se acerca a otra de 1 200 N hasta que la distancia entre sus centros de gravedad es de 80 cm. ¿Con qué magnitud de fuerza se atraen?

4. ¿A qué distancia se encuentran dos rocas cuyas masas son 1.2×10^3 kg y 1.5×10^3 kg, y se atraen con una fuerza gravitacional cuya magnitud es de 4.8×10^{-6} N?
5. Determina la masa de un ropero, si la fuerza gravitacional con que se atrae con un librero de 100 kg tiene una magnitud de 60×10^{-10} N y la distancia entre ellas es de 10 m.
6. Determina la magnitud de la fuerza gravitacional que ejercerá la Luna sobre una caja cuya masa es de 1 kg al encontrarse en un punto donde el radio lunar es de 1.74×10^6 m. La masa de la Luna es de 7.25×10^{22} kg.

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), realiza las siguientes actividades experimentales.

Actividad experimental 8

Segunda ley de Newton

Objetivo

- Comprobar experimentalmente los efectos de la fuerza y la masa sobre la aceleración de los cuerpos.

Consideraciones teóricas

Un cambio en la velocidad de un objeto efectuado en la unidad de tiempo recibe el nombre de aceleración. Así, el efecto de una fuerza desequilibrada sobre un objeto produce una aceleración. Cuanto mayor sea la magnitud de la fuerza aplicada mayor será la magnitud de la aceleración; por tanto, podemos decir que la magnitud de la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada.

La relación $\frac{F}{a}$ es una magnitud constante para cada objeto en particular, y recibe el nombre de masa inercial, ya que es una medida cuantitativa de la inercia. Cuando una fuerza constante se aplica a un objeto, se observa que la magnitud de la aceleración experimentada por dicho objeto es inversamente proporcional a su masa.

Material

- Un carro con espacio para colocarle masas
- Una balanza
- Pesas de diferente tamaño
- Una polea con su soporte
- Un platillo hecho de cartón
- Una regla graduada
- Un cronómetro
- Arena fina o granulada

Procedimiento

Primera parte: masa constante

1. Determina en kilogramos la masa del carro, utilizando la balanza.
2. Construye un dispositivo como el mostrado en la figura 3.22. El platillo de cartón unido a uno de los extremos del hilo que pasa por la polea, debe ser del tamaño y resistencia apropiados para poderle colocar distintas pesas de valor conocido.

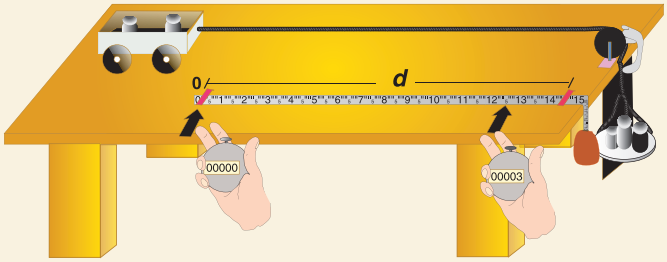


Figura 3.22
Dispositivo para analizar los cambios en la magnitud de la velocidad de un objeto en función de la magnitud de la fuerza que recibe y de su masa.

3. Cuando el platillo está vacío, el carro está en reposo, es decir, no se mueve, toda vez que la magnitud de la fuerza de fricción estática que hay entre sus ruedas y la superficie de la mesa es mayor a la magnitud de la fuerza que debido a su peso, ejerce sobre el carro el platillo. Agrega poco a poco arena al platillo hasta que al empujar levemente el carro éste se desplace sobre la mesa a una magnitud de velocidad constante. **El peso de la arena será el contrapeso de las fuerzas de rozamiento.**
4. Una persona detendrá con una mano el carro y otra colocará en el platillo una pesa de 20 g_f, igual a 0.02 kg_f que equivale aproximadamente a 0.2 N. Esta pesa representará la magnitud de la fuerza neta o magnitud resultante que recibe el carro. Mide con la regla graduada la distancia en metros que recorre el carro desde su posición inicial (antes de iniciar su movimiento) a su posición final (antes de chocar contra la pinza que sujeta a la polea). Ahora soltarán el carro y medirán con el cronómetro el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia. Anota las magnitudes de la fuerza neta aplicada en newtons, la distancia recorrida en metros, y el tiempo en segundos empleado en recorrerla.
5. Determina en m/s la magnitud del cambio en la velocidad del carro. Recuerda: $\Delta v = v_f - v_0$. Como la velocidad inicial (v_0) es igual a cero ya que parte del reposo: $\Delta v = v_f - 0 = v_f$. El cambio de la velocidad del carro y cuya magnitud corresponde a su velocidad final, lo determinamos a partir de la ecuación matemática utilizada para calcular la distancia recorrida por un móvil que experimenta una aceleración constante. Veamos:

$d = \frac{v_0 + v_f}{2} t$, como la $v_0 = 0$, la expresión se reduce a:

$d = \frac{v_f}{2} t$, al despejar la magnitud de la velocidad final tenemos:

$$v_f = \frac{2d}{t} = \Delta v.$$

6. Determina ahora en m/s^2 la magnitud de la aceleración que experimenta el carro. Recuerda: $a = \frac{\Delta v}{t}$, donde t es el tiempo en el cual se efectuó el recorrido, y por tanto, es el mismo tiempo en que se realizó el cambio en la magnitud de la velocidad.

   Nota: repite tus mediciones tres veces como mínimo para obtener la media aritmética o valor promedio cuyo resultado es más confiable.

7. Repite los pasos 4, 5 y 6, pero ahora agrega una pesa más de 20 g_f, de tal manera que la magnitud de la fuerza neta que reciba el carro sea de 40 g_f, es decir, 0.04 $kg_f \approx 0.4$ N. Calcula en m/s el cambio en la magnitud de la velocidad del carro (Δv) y la magnitud de su aceleración en m/s^2.

8. Ahora, agrega otra pesa o las pesas necesarias al platillo para que la magnitud de la fuerza neta aplicada al carro sea de 60 g_f aproximadamente igual a 0.6 N. Repite lo ya realizado y determina el cambio en la magnitud de la velocidad y la magnitud de la aceleración que experimenta el carro.

9. Compara cómo varió la magnitud de la aceleración del carro al duplicar la magnitud de la fuerza neta y cómo varió la magnitud de la aceleración al triplicar la magnitud de la fuerza neta.

10. Para cada uno de los experimentos realizados divide la magnitud en newtons (N) de la fuerza neta aplicada al carro (0.2, 0.4 y 0.6 N) entre la magnitud de la aceleración en m/s^2 que experimenta para cada caso, es decir: $\frac{F_{neta}}{a}$.

Cuestionario

1. ¿Existe una relación de proporcionalidad directa entre la magnitud de la fuerza neta aplicada al carro y la magnitud de la aceleración que adquiere cuando su masa permanece constante? Justifica tu respuesta.

2. Al comparar entre sí los tres resultados obtenidos al dividir la magnitud de la F_{neta} entre la magnitud de la aceleración, ¿se obtuvieron resultados iguales? Al comparar este resultado con la masa en kg del carro previamente determinada con la balanza, ¿son aproximadamente iguales? ¿Sí o no y por qué?

3. ¿Afecta considerablemente en los resultados redondear la equivalencia de 1 $kg_f = 9.8$ N a 1 $kg_f = 10$ N? ¿Por qué?

4. ¿Puedes afirmar con base en tus resultados que cuando se divide la magnitud de la fuerza neta que recibe un objeto entre la magnitud de la aceleración que experimenta, el resultado del cociente corresponde a la masa del objeto? Justifica tu respuesta.

Procedimiento:

Segunda parte: fuerza constante

1. Coloca en el platillo las pesas que sean necesarias para que el carro se mueva al colocarle encima distintas masas. **La magnitud de la fuerza neta o resultante permanecerá constante. Registra su valor en N.**

2. Coloca sobre el carro una masa de 20 g (0.02 kg) que sumada a la masa del carro, te dará la masa total del carro. Ya conoces la distancia en metros que recorre el carro, sólo determina el tiempo en segundos que tarda el carro en recorrer esa distancia y registra su valor. Determina en m/s la magnitud del cambio en la velocidad del carro (Δv). Calcula ahora la magnitud de la aceleración en m/s^2 que experimenta el carro ($a = \Delta v / t$).

3. Repite el paso anterior manteniendo constante la magnitud de la fuerza neta que recibe el carro, pero aumentando 20 g (0.02 kg) la masa del carro. Después incrementa a otros 0.02 kg la masa del carro. Registra para cada caso los resultados obtenidos y determina el cambio en las magnitudes de velocidad y aceleración. Compara cómo varía la magnitud de la aceleración del carro al duplicar su masa y luego triplicarla, **permaneciendo constante la magnitud de la fuerza neta o resultante aplicada al carro**.

Cuestionario

1. ¿Existe una relación de proporcionalidad inversa entre la magnitud de la aceleración que experimenta el carro y su masa cuando la magnitud de la fuerza neta aplicada permanece constante? Justifica tu respuesta.

2. Con base en los resultados obtenidos en la primera y segunda partes de la actividad experimental, escribe un enunciado que relacione la magnitud de la aceleración que experimenta el objeto,

en función de la magnitud de la fuerza que recibe y de la masa que posee.

Retroalimentación de la actividad experimental 8

Comprueba si tus respuestas fueron correctas, al leer el siguiente texto:

En la actividad experimental 8, Segunda ley de Newton, primera parte: **masa constante**, a la pregunta 1 del cuestionario, seguramente respondiste más o menos lo siguiente: Sí existe una relación de proporcionalidad directa entre la magnitud de la fuerza neta aplicada al carro y la magnitud de la aceleración que adquiere, ya que al duplicar la magnitud de la fuerza neta aplicada al carro, la magnitud de su aceleración también se duplica, y al triplicar la magnitud de la fuerza neta se triplica la magnitud de la aceleración del carro, esto lo pudiste apreciar al realizar los pasos 4 al 10. A la pregunta 2, respondiste que de acuerdo con el punto 10 de tu actividad, al dividir la magnitud en newtons de la fuerza neta aplicada al carro entre la magnitud de la aceleración que experimentaba, seguramente encontraste que al dividir $\frac{F_{neta}}{a}$, el cociente en los tres casos, era igual o con valores más o menos iguales, por lo que podemos decir que se obtiene un valor constante, mismo que representa la masa del carro. A la pregunta 3 debiste contestar que no afecta considerablemente en los resultados redondear la equivalencia de 1 kg_f como si fueran 10 newtons y no 9.8 N. Sin embargo, si se desea una mayor precisión, entonces debemos considerar que 1 $kg_f = 9.8$ N. A la pregunta 4 esperamos que hayas respondido que con base en tus resultados, sí se puede afirmar que **cuando se divide la magnitud de la fuerza neta que recibe un objeto entre la magnitud de la aceleración que experimenta**, **el resultado del cociente corresponde a la masa del cuerpo**. Es decir, a la **masa inercial**.

En la segunda parte: **fuerza constante**, con los puntos 1, 2 y 3, pudiste responder a la pregunta 1 del cuestionario con base en tus resultados experimentales obtenidos, que **existe una relación de proporcionalidad inversa entre la magnitud de la aceleración que experimenta el carro y su respectiva masa**, **cuando la magnitud de la fuerza neta aplicada permanece constante**. Esto debido a que comprobaron que al duplicarse la masa del carro, la magnitud de la aceleración se reduce a la mitad y al triplicarse la masa, la aceleración se reduce a la tercera parte de su magnitud inicial. A la pregunta 2 del cuestionario, con base en los resultados obtenidos en la primera y segunda partes de la actividad experimental, debiste escribir un enunciado equivalente a la segunda ley de Newton, más o menos así: toda fuerza resultante diferente de cero al ser aplicada a un objeto le produce una aceleración en la misma dirección en que actúa. La magnitud de dicha aceleración es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. De donde:

$$a = \frac{F}{m}, \text{ y por tanto, } F = ma.$$

Actividad experimental 9

Tercera ley de Newton o ley de las interacciones

Consideraciones teóricas

La tercera ley de Newton también conocida como ley de la acción y reacción o ley de las interacciones, señala que siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre otro, éste también ejerce una fuerza sobre aquél, de la misma intensidad o módulo, en la misma dirección, pero en sentido contrario. La tercera ley se puede enunciar de la siguiente manera:

Cuando un objeto A ejerce una fuerza sobre un objeto B, éste reacciona sobre A ejerciendo una fuerza de la misma dirección e intensidad, pero en sentido contrario.

Material

- Un imán de barra
- Un clavo grande

Procedimiento

1. Aplica con la palma de tu mano una fuerza sobre la mesa. ¿Qué sientes?
2. Ponte de pie y pide a dos de tus compañeros que hagan lo mismo. Colóquense los tres tomados de la mano y estiren los brazos a la altura de sus hombros. Uno de tus dos compañeros deberá quedar en el centro con los ojos vendados. Dale un jalón horizontal con la mano como se muestra en la figura 3.26, y pregunta de quién sintió el jalón, si de ti o del otro compañero que también lo está sujetando con su mano.
3. Repite el punto 2, pero ahora colócate en el centro, pide a tus compañeros que te jalen, y reflexiona acerca de cómo experimentas los jalones y de quiénes son.
4. En el espacio siguiente haz un diagrama por medio de vectores que representen los jalones o fuerzas que sienten cada uno de tus compañeros y tú mismo, señalando quién la ejerce sobre quién.

El espacio de la página anterior es para dibujar el diagrama de fuerzas que represente los jalones sentidos por cada uno de los tres compañeros, con base en el punto 3 de la actividad experimental.

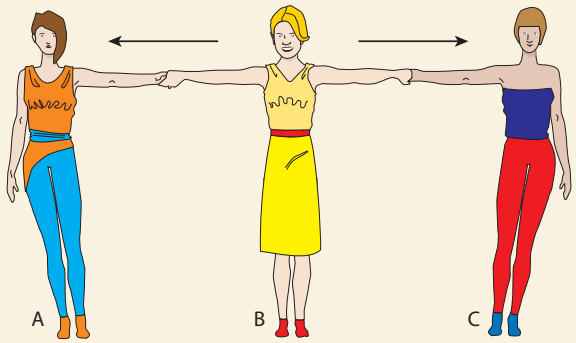


Figura 3.23
Interacciones mecánicas provocadas por jalones producidos entre *A*, *B* y *C*.

5. Coloca el clavo grande sobre la mesa y acerca un imán hacia éste (Fig. 3.24). Observa cómo el clavo es atraído por el imán. Ahora, pon el imán sobre la mesa y acércale el clavo (C). ¿Es atraído el imán (I)?

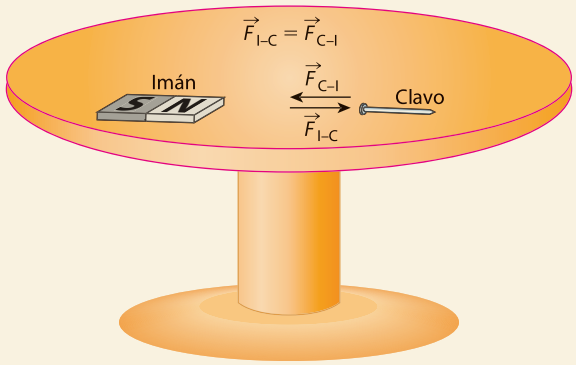


Figura 3.24
Entre el imán (I) y el clavo (C) existe una interacción mecánica a distancia. La fuerza F_{I-C} con la cual el imán atrae al clavo es igual a la fuerza F_{C-I} con la cual el clavo atrae al imán.

Cuestionario

1. ¿Qué sentiste al aplicar con la palma de tu mano una fuerza sobre la mesa?

2. ¿Cómo se da la interacción mecánica entre tu mano y la mesa?

3. De acuerdo con el punto 3 de tu actividad, ¿cómo sientes los jalones y de quiénes son, al colocarte en el centro?

4. ¿Atrae el imán al clavo, pero también el clavo atrae al imán? ¿Sí o no y por qué?

5. ¿Cómo explicas la interacción entre el clavo y el imán?

6. ¿Pudiste comprobar la tercera ley de Newton? ¿Sí o no y por qué?

Retroalimentación de la actividad experimental 9

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto:

A la pregunta 1 del cuestionario de la actividad experimental 9, tercera ley de Newton o ley de las interacciones, seguramente respondiste que al aplicar con la palma de tu mano una fuerza sobre la mesa, sientes la fuerza de reacción producida por la mesa sobre tu mano, y después de cierto tiempo, la retiras porque sientes el cansancio sobre tu cuerpo. A la pregunta 2 debiste responder, que la interacción mecánica entre tu mano y la mesa se da, porque **al aplicarle una fuerza a la mesa, ésta ejerce una fuerza sobre tu mano, de la misma intensidad y dirección pero en sentido contrario**. A la pregunta 3 debiste responder que al estar en el centro tanto tú como cuando lo hace un compañero, sienten cómo interactúan mecánicamente con el compañero de la izquierda y con el de la derecha. Sin embargo, no pueden decir quién empezó a jalar primero porque ambas fuerzas son similares. En la pregunta 4, contestaste que se pudo comprobar que el clavo era atraído por el imán, pero a su vez, el imán era atraído por el clavo, ya que existe una interacción mecánica entre ambos. A la pregunta 5, explicaste que **la interacción entre el imán y el clavo se da a distancia**, ya que aun sin estar en contacto dichos objetos, existe entre ellos una fuerza, en este caso, de atracción. A la pregunta 6, respondiste que se comprueba la tercera ley de Newton, ya que se pudo observar que cuando un objeto *A* ejerce una fuerza sobre un objeto *B*, éste reacciona sobre *A* con una fuerza de la misma magnitud y dirección pero diferente sentido.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: anota una **V** en el paréntesis de la izquierda si el enunciado es verdadero, o una **F** si es falso.

1. ( ) Daniel dice que si una mesa es puesta en movimiento, se detendrá, aun si no hay una fuerza de fricción.
2. ( ) Angélica argumenta que todo objeto se mantiene en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, si la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es cero.
3. ( ) Pedro señala que la magnitud de la aceleración de un objeto es inversamente proporcional a la magnitud de la fuerza, por lo que a mayor magnitud de fuerza, menor magnitud de aceleración.
4. ( ) Guadalupe dice que toda fuerza resultante diferente de cero al ser aplicada a un objeto le produce una aceleración en la misma dirección en que actúa. La magnitud de dicha aceleración es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada, e inversamente proporcional a la masa del objeto.
5. ( ) Salvador manifiesta que cuando un objeto *A* ejerce una fuerza sobre un objeto *B*, éste reacciona sobre *A* ejerciendo una fuerza de diferente intensidad, pero con dirección y sentido igual.
6. ( ) Raquel comenta que la interacción mecánica entre dos objetos se da siempre y cuando hagan contacto, ya que con una distancia entre ellos es imposible que se dé una interacción entre dos objetos.
7. ( ) Fidel señala que de acuerdo con la segunda ley de Kepler, la Tierra se mueve sobre su órbita a una magnitud de velocidad variable, la cual aumenta conforme se aproxima al Sol.
8. ( ) Hortensia explica que dos objetos cualesquiera se atraen con una fuerza cuya magnitud es directamente proporcional al producto de sus masas. e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Para tu reflexión

El cosmos

Cuando nos referimos al **cosmos**, **estamos hablando del universo como un todo**, incluidos los planetas y sus satélites, los cometas y meteoros, las estrellas y la materia interestelar, los sistemas de estrellas llamados galaxias, así como de los conjuntos de galaxias llamados cúmulos galácticos. **La astronomía es la ciencia que se ocupa del estudio de los astros del universo.**

A pesar de su gran tamaño, la Vía Láctea es sólo uno de los muchos sistemas de estrellas, llamados galaxias, que conforman el universo (Fig. 3.25).



Figura 3.25
La Vía Láctea es sólo uno de los muchos sistemas de estrellas llamados galaxias.

Origen del universo con base en la teoría del Big Bang o de la gran explosión

El físico ruso, nacionalizado estadounidense, George Gamow, propuso en el año de 1948 que el universo se creó en una gran explosión o Big Bang y que los diversos elementos que actualmente existen se produjeron durante los primeros minutos de haber ocurrido la gran explosión, como resultado de la gran temperatura y alta densidad que poseía originalmente el universo, lo que provocó que se fusionaran partículas subatómicas formando átomos de elementos químicos. Se considera que el hidrógeno y el helio fueron los productos primarios de la gran explosión, y los elementos más pesados se produjeron después, dentro de las estrellas.

Sistema Solar

El Sistema Solar está formado por **una estrella llamada Sol**, ocho planetas, seis de ellos con satélites, excepto Mercurio y Venus, asteroides, cometas y meteoroides. Las dimensiones de este sistema se determinan en función de la distancia media que existe del centro de la Tierra al centro del Sol, denominada unidad astronómica (UA) y que equivale a 150 millones de kilómetros.

En la actualidad, se conoce la existencia de numerosos sistemas planetarios.

El Sol

Es la estrella alrededor de la cual gravitan la Tierra y los demás astros del Sistema Solar. Dentro del espacio formado por los millones de astros existentes en el universo, el Sol es sólo una modesta estrella, cuya temperatura en su superficie es de 5 505 °C, aproximadamente.

Su masa es de 2×10^{30} kg, 333 432 veces más grande que la Tierra, y su diámetro es de 1 390 000 km, equivalente a 109 veces más que el diámetro terrestre. La energía radiante del Sol se genera por **reaccio-**

nes termonucleares de fusión, debido a la conversión del hidrógeno en helio en el interior denso y caliente del Sol, que alcanza temperaturas del orden de 10^7 grados centigrados (Fig. 3.26).

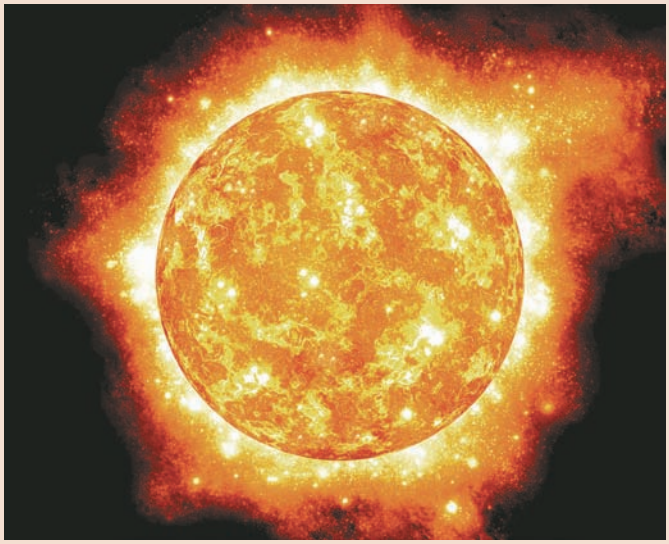


Figura 3.26
La temperatura en el interior del Sol es del orden de 10 millones de grados centigrados.

Los ocho planetas que se reconocen actualmente se dividen en dos grupos: los planetas interiores, que se caracterizan por ser densos, pequeños y estar compuestos principalmente de roca y hierro, éstos son Mercurio, Venus, Tierra y Marte; los planetas exteriores son más grandes y están constituidos principalmente de hidrógeno, helio y hielo, éstos son Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

Existen otros componentes del Sistema Solar, como los asteroides, que son pequeños cuerpos rocosos que se mueven en órbitas, sobre todo entre las órbitas de Marte y Júpiter.

Los cometas son astros luminosos que están compuestos básicamente de hielo, polvo y rocas, sus diámetros están comprendidos entre 5 y 10 km. La palabra cometa significa en griego **cabellos largos**. El cometa Halley fue visto a simple vista desde la Tierra en el año de 1986 y regresa al sistema solar interior cada 75 años por lo que será observado nuevamente en el año 2061 (Fig. 3.27).



Figura 3.27
Cuando los cometas se aproximan al Sol, desprenden polvo y gases, que adquieren la forma de una cabellera y una larga cola.

3.3 Leyes de Kepler

Primera ley de Kepler

Todos los planetas se mueven alrededor del Sol siguiendo órbitas elípticas, en las cuales el Sol ocupa uno de los focos (Fig. 3.28).

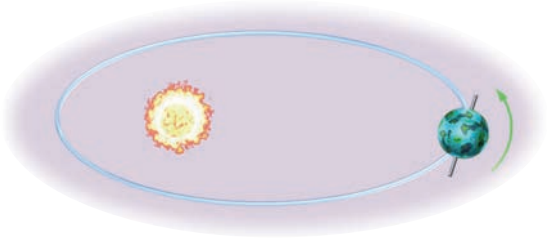


Figura 3.28
Los planetas se mueven alrededor del Sol siguiendo órbitas elípticas.

Segunda ley de Kepler

El radio vector que enlaza al Sol con un planeta recorre áreas iguales en tiempos iguales.

Esta ley explica el porqué es posible que los planetas giren en órbitas elípticas, manteniéndose cerca del Sol por la fuerza de gravedad sin llegar a ser absorbidos por él; esto se debe a la variación de la velocidad con que se mueven los planetas en el espacio, cuanto más cerca están del Sol más rápido se mueven, y viceversa. Por ejemplo: el planeta Mercurio, con una distancia de 58 millones de kilómetros, es el más cercano al Sol y tarda 88 días en recorrer su órbita con una velocidad media cuya magnitud es de 50 km/s. La Tierra, a una distancia de 149 millones de kilómetros del Sol, tarda un año en recorrer su órbita con una magnitud de velocidad media de 30 km/s, que equivalen a 108 000 km/h.

En la figura 3.29 se puede observar el movimiento de la Tierra alrededor del Sol. La Tierra se mueve sobre su órbita a una velocidad variable, la cual aumenta de magnitud conforme se aproxima al Sol. Kepler descubrió que en tiempos iguales las áreas descritas por el radio vector que va del Sol a la Tierra son iguales: $A_1 = A_2$. Por tanto, el tiempo en que el radio vector pasa del punto A al B, es el mismo que tarda en pasar de C a D.

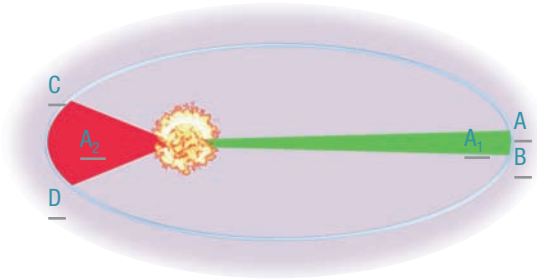


Figura 3.29
En tiempos iguales las áreas descritas por el radio vector que va del Sol a la Tierra son iguales: $A_1 = A_2$.

Tercera ley de Kepler

Los cuadrados de los periodos de revolución sideral de los planetas (t^2) son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol (d^3).

De donde la relación $\frac{t^2}{d^3}$ es la misma para todos los planetas, por lo que matemáticamente la tercera ley de Kepler se escribe como:

$$\frac{t^2}{d^3} = K$$

donde: K = constante para todos los planetas.

Con sus leyes, Kepler explicó con precisión la cinemática del sistema planetario sin llegar a la explicación dinámica del mismo, es decir, cuáles son las causas que lo originan. Sin embargo, su contribución a la astronomía es digna de elogio, si se considera que sus observaciones las realizó cuando todavía no se inventaba el telescopio.

Galileo Galilei, astrónomo y físico italiano (1564-1642), construyó un telescopio con el cual se podían ver los cuerpos 30 veces más grandes que a simple vista (Fig. 3.30). Con este instrumento pudo observar un considerable número de estrellas hasta entonces desconocidas. Descubrió en la Vía Láctea gran cantidad de estrellas imposibles de ver sin la ayuda del telescopio. Al estudiar la Luna, notó la presencia de montes y otras irregularidades sobre su superficie. Observó las manchas del Sol, y debido al movimiento de ellas demostró que el Sol giraba alrededor de su eje en un periodo de 27 días. También encontró cuatro cuerpos girando alrededor de Júpiter y determinó la periodicidad de cada uno de ellos. Descubrió que Venus presentaba fases similares a las de la Luna, con esto explicó que los planetas brillan porque reflejan la luz del Sol. Todos los descubrimientos hechos por Galileo apoyaban las teorías de Copérnico, las cuales consideraban que la Tierra y los demás planetas giraban alrededor del Sol. Ante tales hechos, la Iglesia católica calificó de herejía la doctrina de Copérnico, pues estaba en desacuerdo con la Biblia; por tanto exigió a Galileo que se abstuviera de difundir sus ideas. En 1632 Galileo publicó un libro en el que representaba las teorías de Ptolomeo y de Copérnico por medio de dos personajes, esto provocó que fuera sancionado por la Inquisición y obligado a renunciar a sus ideas.



Figura 3.30
Galileo Galilei (1564-1642) construyó un telescopio con el cual pudo observar un gran número de estrellas que hasta entonces nadie había podido ver a simple vista.

Reactivos del bloque 3

Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton.

Un niño juega con un cochecito que lleva encima un soldado de plástico. De repente, le da un pequeño golpe con un dedo de su mano.



Responde lo siguiente:

1. ( ) La primera ley de Newton se observa cuando:

a) el cochecito se mueve.
b) el cochecito se detiene.
c) el soldado se cae hacia atrás.
d) su mano siente el golpe.

2. ( ) La segunda ley de Newton se manifiesta cuando:

a) se acelera el cochecito por efecto del golpe.
b) se detiene el cochecito por la fricción.
c) se mueve el soldado al moverse el cochecito.
d) la mano resiente el golpecito que dio.

3. ( ) La tercera ley de Newton se manifiesta cuando:

a) el cochecito se detiene.
b) el cochecito se mueve.
c) la mano resiente el golpe.
d) se cae el soldado.

4. ( ) Si al cochecito se le dan dos golpes con diferente magnitud de fuerza se observa que:

a) la magnitud de la aceleración que experimenta será la misma mientras su masa sea constante.
b) la magnitud de su velocidad con respecto al tiempo será de un valor constante a igual masa.
c) la rapidez del cochecito permanecerá constante pero no sucederá lo mismo con la velocidad.
d) la magnitud de la aceleración será mayor si la fuerza aplicada al golpearlo también es mayor.

5. ( ) Se determina la masa del cochecito y se encuentra que es de 75 g, se incorporan otros tres cochecitos cuyas masas son de: 65, 80 y 90 g. Si a los cuatro se les da un golpe de la misma magnitud, dirección y sentido, el que se acelera más es aquel cuya masa en gramos es de:

a) 75
b) 65
c) 80
d) 90

6. ( ) De acuerdo con la masa del cochecito, que es de 75 g, si se le empuja con una fuerza de 0.8 N, la aceleración que adquiere en m/s es de:

a) 12.88
b) 0.08
c) 0.03
d) 10.66

7. ( ) El peso del cochecito en newtons equivale a:

a) 0.735
b) 1.003
c) 0.007
d) 2.004

8. ( ) Al estar el cochecito apoyado sobre una superficie, la fuerza de reacción en newtons que recibe es de:

a) 0.007
b) 0.735
c) 1.003
d) 2.004

9. ( ) El cochecito es atraído por la Tierra, con una fuerza de cierta magnitud. ¿Cómo es la magnitud de la fuerza con la cual el cochecito atrae a la Tierra?

a) Nula
b) Igual
c) Menor
d) Prácticamente nula

10. ( ) De acuerdo con la tercera ley de Newton, si se acerca el polo de un imán de barra a una aguja pequeña, atrayéndola con una fuerza de 1 N, la aguja:

a) no presenta ninguna fuerza de atracción sobre el imán de barra.
b) atrae al imán pero será con una fuerza menor a 1 N.
c) atrae al imán con una fuerza de 1 N.
d) se desplaza debido a su inercia

Autoevaluación

En las diferentes actividades que se te pide realices a lo largo de la obra, podrás utilizar el siguiente modelo de registro anecdótico, que te posibilitará registrar de manera ordenada numerosas actividades. Intégralo a tu portafolio de evidencias cuando tu profesor lo solicite.

Registro anecdótico

Alumno:	
Fecha:	Tema:
Registro de actividades	Recuperación de avances, dificultades y apoyos requeridos

Instrumentos de evaluación

Apellido paterno:_____ Apellido materno:_____ Nombre:_____ Grupo:_____

Asegúrate de haber adquirido los aprendizajes, habilidades, actitudes y valores que se abordan en el bloque 3. Para ello, realiza lo que se te pide.

Instrucciones: responde de manera clara y breve las siguientes preguntas.

1. Por medio de tres ejemplos de tu vida cotidiana, explica qué es para ti una fuerza:

2. Describe dos ejemplos relacionados con tu entorno, en los cuales se apliquen: a) fuerzas de contacto, b) fuerzas a distancia.

3. ¿Cómo le explicarías a una persona la diferencia entre la masa y el peso de un cuerpo?

4. Utiliza un ejemplo de tu vida cotidiana por medio del cual expliques por qué la fuerza de fricción estática siempre es mayor a la fuerza de fricción dinámica o cinética, cuando se trata de desplazar un objeto que está en contacto con otro.

5. ¿Qué ventajas referentes a la fricción encuentras de manera cotidiana y qué desventajas has observado?

6. Describe la primera ley de Newton utilizando un ejemplo de tu vida cotidiana.

7. Describe la segunda ley de Newton por medio de un ejemplo de tu vida cotidiana.

8. Describe la tercera ley de Newton, con un ejemplo de tu vida cotidiana.

9. Enrique le dice a Diana que entre ellos existe una fuerza de atracción que es mayor cuando la tiene cerca. ¿Tiene razón Enrique, sí o no y por qué?

10. ¿Cómo explicas el movimiento de los planetas alrededor del Sol?

Instrucciones: resuelve los siguientes problemas en hojas tamaño carta.

1. Para que un bloque de madera de 50 N iniciara su deslizamiento con una velocidad constante sobre una mesa de madera, se aplicó una fuerza cuya magnitud es de 18 N. Calcula el coeficiente de fricción dinámico entre las dos superficies.

2. Calcula la magnitud de la fuerza que recibe una roca de 20 kg de masa, la cual le produce una aceleración cuya magnitud es de 1.5 m/s^2.

3. Determina la magnitud del peso de una máquina cuya masa es de 85 kg.

4. Calcula la magnitud de la fuerza gravitacional con la que se atrae un coche cuya masa es de 1 200 kg, con una camioneta cuya masa es de 1 800 kg, si se encuentran a una distancia de 2 m.

Instrucciones: Contesta de manera breve las siguientes preguntas.

1. ¿Que tema de este bloque 3 te resultó más interesante y por qué?

2. ¿Está cambiando favorablemente la opinión que tenías del estudio de la física y le encuentras utilidad práctica en tu vida cotidiana? Sí o no y ¿por qué?

3. Retoma el cuadro que llenaste en la página 153 y completa la tercera columna "Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)".

4. ¿Cambió algo de lo que estaban seguros que sabían? Sí o no y ¿por qué?

5. ¿Ya aprendieron todo lo que querían saber? Sí o no y ¿por qué?

6. ¿Qué le quieres proponer a tu profesor(a) para obtener una mayor participación del grupo o para lograr mejores resultados en el aprendizaje de la física?

Rúbrica (heteroevaluación)

Rúbrica para evaluar la actividad experimental: Segunda Ley de Newton.

Objetivo: Evaluar las actitudes, desempeños y conocimientos que muestran los estudiantes durante la actividad experimental, ya sea de forma individual o en equipo (según se trabaje).

Nombre del alumno:

Aspecto a evaluar	Criterio	Valor	Valor obtenido	Observaciones
Objetivo.	Tiene claro lo que va a realizar durante la actividad y pone mucha atención durante todas las indicaciones.	1		
Aspectos teóricos.	Toma en cuenta las consideraciones teóricas para llevar a cabo la actividad.	1		
Participación.	Siempre participa con una actitud propositiva, ayuda a resolver preguntas y a contestar el cuestionario.	1		
Material.	Cuenta con todos los materiales que se solicitaron y los utiliza conforme al procedimiento.	1		
Procedimiento.	Lleva a cabo cada uno de los pasos que se deben realizar, detalla y profundiza conforme a lo que se indica.	1		
Desarrollo.	Explica correctamente las respuestas que obtuvo.	1		
Dominio del tema.	Indica claramente los contenidos a tratar, los desarrolla cada que se solicita, además maneja un buen nivel de profundidad.	1		
Contenido.	Aborda ampliamente los conceptos teóricos sobre la segunda ley de Newton.	1		
Conclusiones.	Son objetivas, claras y coherentes, con base en los contenidos teóricos y las relaciona con la actividad.	1		
Resultados.	Compara sus respuestas mediante la lectura que se proporciona al final de la actividad.	1		
	TOTAL	10		

Comentarios generales:

_____

_____

_____

Firma del profesor: _____ Fecha: _____

Lista de cotejo (heteroevaluación)

Lista de cotejo para evaluar la actividad de aprendizaje de las págs. 162 y 163.

Propósito: Verificar el desempeño que muestra al completar o responder de manera breve los cuestionamientos que se solicitan, así como verificar que relacione correctamente los conocimientos adquiridos con situaciones de la vida cotidiana.

Nombre del alumno:

Grupo: Fecha:

Nombre y firma del docente:

Criterios y Desempeños	cumple		Observaciones
	sí	no	
Responde y explica correctamente todas las preguntas.			
Todas sus respuestas son acordes a lo que se solicita.			
Argumenta sus resultados con situaciones que observa en su vida cotidiana.			
Emite su opinión con bases teóricas.			
Resalta la importancia sobre la magnitud física para cuantificar su uso en objetos comunes.			
Identifica ejemplos sobre la magnitud de la fuerza de fricción estática y destaca su importancia.			
Cita ejemplos prácticos y sencillos para poder relacionarlos con los conceptos desarrollados.			
Comprueba sus respuestas con ejemplos de su entorno.			
Señala la aplicación e importancia que tiene la magnitud física sobre determinados objetos.			
Todos los ejemplos que proporciona están relacionados con la temática.			
Su aprendizaje es significativo y acorde a los objetivos planteados.			
Muestra interés durante la actividad.			
Desarrolla alguna competencia.			
Relaciona claramente los contenidos con distintas situaciones de su vida cotidiana.			
Intercambia sus respuestas con otros compañeros.			
Atiende las observaciones que le realizaron y corrige a fin de contar con la información correcta.			

Comentarios generales:

Rúbrica

Rúbrica para evaluar exposiciones ante el grupo. (Heteroevaluación)

Nombre del/a profesor/a:	Asignatura:
Tema a exponer:	Nombre o número del equipo:
Integrantes del equipo: 1. 3. 5. 2. 4.	

Criterios y Desempeños	Puntuación			Observaciones
	excelente 3	bueno 2	regular 1	
Todos los integrantes participan durante la actividad.				
El equipo esta integrado de forma incluyente y equitativa.				
Plantean de forma clara y adecuada la temática a desarrollar.				
Analizan y seleccionan la información relevante al trabajo encomendado.				
Desarrollan el tema en su totalidad, todos muestran buen dominio de los contenidos temáticos.				
Aportan ejemplos concretos y acordes con los contenidos que se han desarrollado durante la clase.				
Hacen observaciones y sugerencias interesantes, a fin de lograr el objetivo planteado.				
Realizan comentarios sobre la importancia del tema y lo relacionan con la vida actual y cotidiana.				
Organizan la información de tal forma que sea entendible y comprensible para el resto de sus compañeros/as del grupo.				
Respetan las ideas y comentarios de sus compañeros/as.				
Resuelven sus diferencias entre ellos, mediante la valoración de las ideas y el consenso, y retoman el trabajo para concretarlo de acuerdo con lo establecido.				
Elaboran sus conclusiones, a partir del trabajo realizado y de los conocimientos aprendidos durante la actividad.				
Argumentan su trabajo con bases teóricas previamente revisadas en clase.				
Se apoyan para explicar y aclarar las dudas que cuestionen sobre su trabajo.				
Enfatizan en los nuevos aprendizajes y los relacionan claramente con los objetos de aprendizaje.				
Concretan la actividad durante la clase.				
Son tolerantes y respetuosos ante las observaciones o señalamientos que les hace el profesor/a.				
Toman en cuenta las sugerencias de los demás equipos para mejorar su trabajo.				
Respetan el tiempo que les fue asignado para terminar el trabajo.				
Cada integrante da su opinión sobre el significado que tuvo trabajar en equipo.				
Todos se expresan con seguridad.				
Puntos obtenidos por criterios y desempeños:				
Puntuación total del equipo:				

Retroalimentación del/a evaluador/a para el equipo:	**Firma del/a profesor/a:**	**Fecha:**

BLOQUE 4

Relacionas el trabajo con la energía

20 horas

Objetos de aprendizaje

4.1 Trabajo.

4.2 Energía cinética y energía potencial.

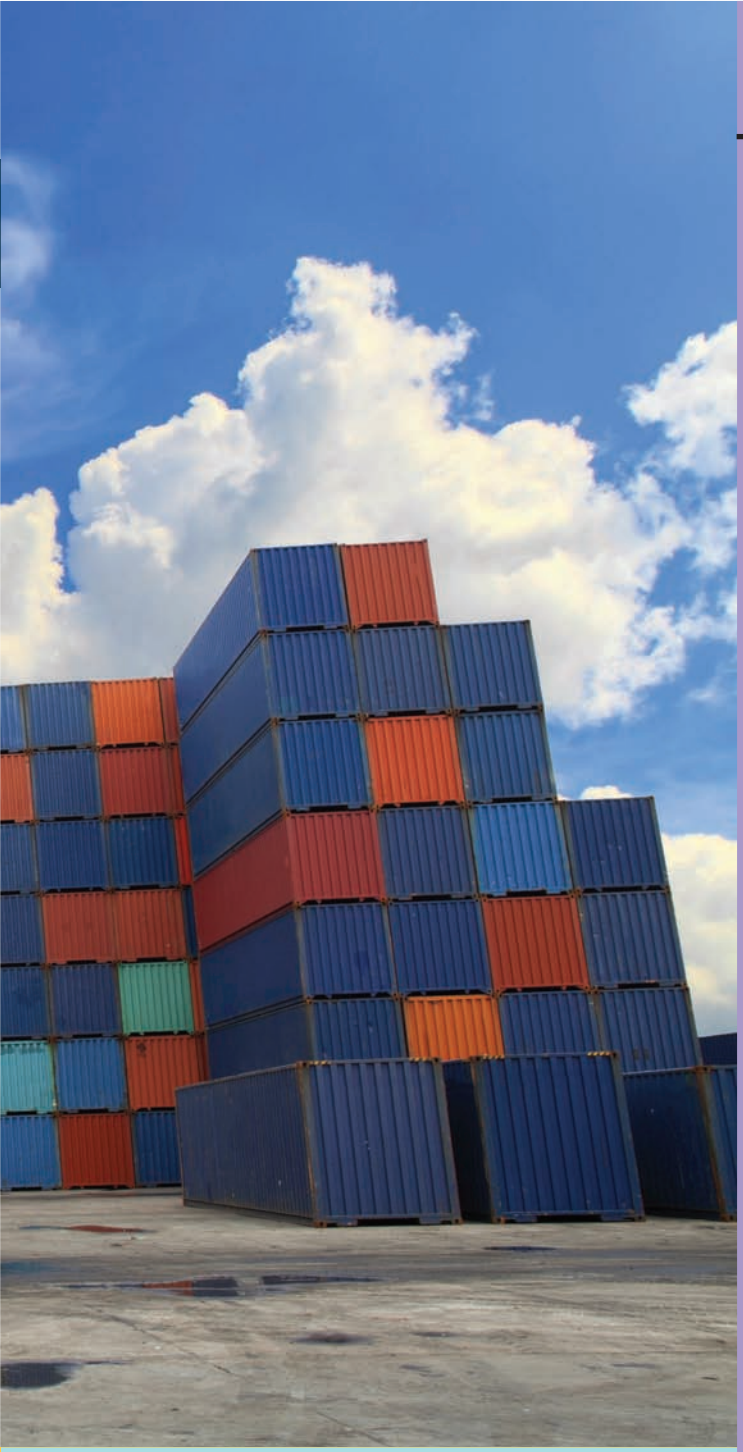
4.3 Ley de la conservación de la energía mecánica.

4.4 Potencia.



Competencias por desarrollar

- Interpreta el concepto de trabajo, energía, ley de conservación y potencia relacionada con la Física.
- Identifica y utiliza expresiones algebraicas para la solución de problemas cotidianos, formula preguntas relacionadas con el trabajo y la energía.
- Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos con el trabajo y la energía.
- Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimenta y comunica sus conclusiones en equipos diversos, respetando la diversidad de valores, ideas y prácticas sociales.
- Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir del trabajo y la energía.
- Construye prototipos didácticos sencillos para la demostración de la energía.
- Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.
- Dialoga y aprende de personas con distintos puntos de vista y tradiciones culturales mediante la ubicación de sus propias circunstancias en un contexto más amplio.
- Asume que el respeto de las diferencias es el principio de integración y convivencia en su contexto local.



Desempeños por alcanzar

- Defines el concepto del trabajo en Física, realizado por o sobre un cuerpo como un cambio en la posición o la deformación del mismo por efecto de una fuerza.
- Relacionas los cambios de la energía cinética y potencial que posee un cuerpo con el trabajo en Física.
- Utilizas la Ley de la Conservación de la Energía mecánica en la explicación de fenómenos naturales de tu entorno social, ambiental y cultural.
- Aplicas en situaciones de la vida cotidiana, el concepto de potencia como la rapidez con la que se consume energía.

¿Qué sabes hacer ahora?

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

1. Explica por qué no realiza trabajo mecánico un burro si lleva sobre su lomo dos costales de maíz de un lugar a otro.
2. ¿Cómo explicas con un ejemplo de tu vida cotidiana cuál es la diferencia entre trabajo y potencia mecánicos?
3. ¿Cuáles son los distintos tipos de energía que conoces y cuáles utilizas de manera cotidiana?
4. ¿Cómo explicas con un ejemplo de tu entorno la Ley de la conservación de la energía?
5. ¿Cuándo tiene un cuerpo energía: a) potencial y b) cinética?
6. Explica con ejemplos de tu entorno, de qué manera harías que un cuerpo incremente su: a) energía potencial gravitacional; b) energía cinética.
7. ¿Cómo le explicarías a alguien que la energía existente en el universo es una cantidad constante que no se crea ni se destruye, únicamente se transforma?
8. ¿Qué contaminación se genera en tu comunidad como consecuencia de la energía producida para el funcionamiento de diversos aparatos electrodomésticos, motores eléctricos, automotores, fábricas, oficinas, hospitales, escuelas y comercios?

Coevaluación e intercambio de ideas y aprendizajes

Una vez que has respondido las preguntas anteriores espera la indicación de tu profesor(a) para intercambiar tus respuestas con las de otro compañero o compañera. Lean sus respectivas contestaciones y después intercambien ideas y conocimientos para que nuevamente respondan las preguntas anteriores, pero ahora de manera conjunta. Después de que las han escrito en su cuaderno, participen con las demás parejas comentando y argumentando sus respuestas, en un ambiente propositivo y de respeto hacia las ideas y conocimientos de todos.

Elabore cada quien una tabla como la que se muestra en seguida, para llevar el registro de sus conocimientos actuales y futuros.

Lo que estamos seguros que sabemos	Lo que no estamos seguros de saber o no sabemos y queremos saber	Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)

Situación didáctica ¿Cómo lo resolverías?

¿Qué actividad experimental podemos diseñar y realizar para demostrar y cuantificar las magnitudes físicas correspondientes al trabajo mecánico realizado, la potencia mecánica, así como la energía potencial gravitacional y la energía cinética?

Secuencia didáctica ¿Qué tienes que hacer?

A continuación se lista una serie de acciones que deben seguir para responder la pregunta correspondiente a la situación didáctica. Llévenlas a cabo con un espíritu de colaboración, de responsabilidad, respeto y trabajo en equipo.

1. Formen un equipo de cuatro integrantes y pónganse de acuerdo en la manera en que se organizarán para el diseño y realización de la actividad experimental.
2. Apóyense en este libro para hacer la lectura de los conceptos involucrados, consulten otras fuentes de información que tengan a su alcance y que consideren necesarias.
3. Entre todos, determinen el material y equipo que necesitarán y cuál será la manera de obtenerlo.
4. Diseñen su actividad experimental, llévenla a cabo las veces que sea necesario y una vez que estén de acuerdo en la mejor manera de realizarla, elaboren primero en su cuaderno o computadora, el guión que les servirá de apoyo para hacer su demostración ante los demás equipos. Después elaboren dicho guión en papel rotafolio o cartulinas.
5. De acuerdo con las instrucciones de su profesor(a), previo acuerdo entre ustedes, participen de manera organizada, colaborativa y respetuosa, en la realización y explicación de su actividad experimental.
6. Comenten con los demás equipos los resultados obtenidos, sus aprendizajes, los problemas que surgieron durante el diseño y puesta en práctica y de qué manera los resolvieron. Recuerden que el intercambio de ideas, conocimientos y experiencias adquiridas, fortalece su aprendizaje.

Rúbrica ¿Cómo sabes que lo hiciste bien?

Criterios que deben considerar para resolver la situación didáctica y que serán de utilidad para que cada alumno y su profesor(a) evalúen y valoren su desempeño.

1. Lean con atención en su libro de texto y en las fuentes de información que hayan consultado, lo referente al trabajo mecánico, potencia mecánica, energía potencial y cinética. Identifiquen las ideas clave y anótenlas en sus cuadernos o en sus computadoras.
2. Pónganse de acuerdo acerca de cuál será la mejor manera de llevar a cabo la actividad experimental y consigan el material y equipo necesarios, buscando siempre, que el costo sea bajo. Si necesitan construir un dispositivo o instrumento para realizarla, constrúyanlo con la participación de todos.
3. Deben cuantificar las magnitudes físicas involucradas y demostrar la utilidad de su actividad experimental.
4. El guión debe ser elaborado una vez que todos están de acuerdo en cómo se llevará a cabo la actividad y cuáles serán los contenidos relevantes que contendrá, entre los cuales incluirán los conceptos de las magnitudes involucradas.
5. Durante la demostración de su actividad experimental, deben participar todos, de una manera organizada, previo acuerdo de lo que hará cada quien.
6. Comenten con los demás equipos las dificultades que tuvieron durante el diseño y realización de la actividad experimental, y de qué manera las resolvieron.

Autoevaluación

Con el propósito de que reflexiones acerca de los resultados obtenidos después de realizar y diseñar la actividad experimental, responde en tu cuaderno lo siguiente.

1. Participé de manera entusiasta, responsable y propositiva en el diseño de la actividad experimental y aporté lo siguiente (describe lo que aportaste).

2. Contribuí en la elaboración del guión y aporté lo siguiente (descríbelo).
3. Participé con mis compañeros de equipo en la demostración de la actividad experimental y a mí me tocó lo siguiente (descríbelo).
4. La experiencia y conocimientos que me dejaron el diseño y realización de la actividad experimental son los siguientes (descríbelos).
5. Tengo claros los conceptos de trabajo, potencia, energía, energía potencial gravitacional y cinética, por lo que con ejemplos de mi vida cotidiana, puedo explicar cada uno de ellos (explícalos).
6. Una dificultad que tuvimos en la realización de la actividad experimental y que me gustaría compartir para que les sea de utilidad a mis compañeros y la puedan resolver si se les presenta, es la siguiente (descríbela).

Coevaluación

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a), intercambia la autoevaluación con un compañero o compañera. Lean sus respectivas respuestas, corríjanse de ser necesario e intercambien ideas, experiencias y aprendizajes adquiridos. En caso de duda, consulten a su profesor(a).





4.1 Trabajo

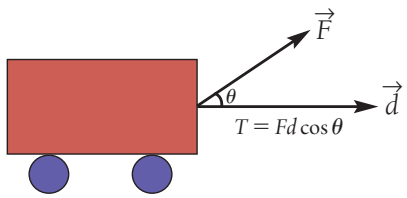
En nuestra vida diaria es muy común escuchar a alguien decir que le costó mucho trabajo encontrar tal o cualquier otra cosa. De igual manera, se dice que triunfar en la vida, obtener un diploma y destacar como técnico especializado o profesional en alguna de las ramas del conocimiento humano requiere esfuerzo, dedicación y trabajo constante. Pero entonces, ¿qué es el trabajo? Si esta pregunta se la hacemos a diferentes personas nos encontraremos con una gran diversidad de respuestas, así, lo que para unos es trabajo, para otros es una diversión, pasatiempo, objeto de estudio o tema de interés. Por fortuna, desde el punto de vista de la física, el trabajo sólo tiene una interpretación: **el trabajo es una magnitud escalar producida sólo cuando una fuerza mueve un objeto en la misma dirección en que se aplica**.

Expresión matemática para el trabajo y la gráfica que lo representa

Se calcula multiplicando la magnitud de la componente de la fuerza actuante en la misma dirección en que se efectúa el movimiento del objeto, por la magnitud del desplazamiento que éste realiza.

$$T = F \cos\theta \, d$$

Por ejemplo, si una persona empuja un carro de autoservicio con un cierto ángulo θ respecto al desplazamiento del carro, únicamente la componente de la fuerza que actúa en la dirección del movimiento del carro de autoservicio, resulta útil para moverlo y será también la única que realice un trabajo mecánico.



Es común expresar el trabajo de la siguiente manera:

$$T = Fd\cos\theta$$

donde: T = trabajo realizado en Nm = joule = J

$F\cos\theta$ = magnitud de la componente de la fuerza en la dirección del movimiento en newtons (N)

d = magnitud del desplazamiento en metros (m)

Si la fuerza que mueve al objeto se encuentra por completo en la misma dirección en que se efectúa el desplazamiento, el ángulo θ es igual a cero y el $\cos\theta = \cos 0° = 1$, donde el trabajo será igual a:

$$T = Fd$$

Se realiza un trabajo de un joule (1 J) cuando al aplicar una fuerza cuya magnitud es de un newton a un objeto, éste se desplaza un metro. De donde:

$$1\,\text{J} = 1\,\text{N}\,(1\,\text{m}) = 1\,\text{Nm}$$

El joule es la unidad utilizada por el Sistema Internacional para medir el trabajo.

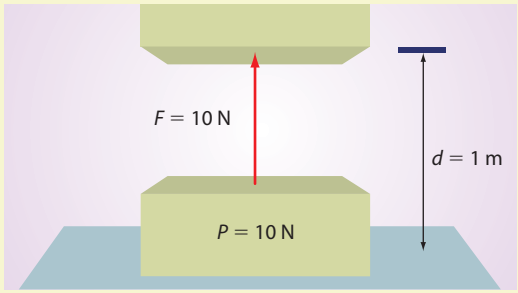
Trabajo positivo y negativo

Ya hemos señalado que **el trabajo es una magnitud escalar, y por tanto no requiere dirección ni sentido para quedar bien definido**. Sin embargo, si un objeto sobre el cual actúa una fuerza tiene una componente de movimiento en sentido opuesto al sentido de la fuerza, entonces **el trabajo hecho por esa fuerza es negativo**. Por ejemplo, cuando bajamos al piso un bulto de cemento, a velocidad constante, el trabajo hecho sobre el bulto por la fuerza ascendente de nuestros brazos que sostienen al bulto es negativo. Otro ejemplo lo tenemos cuando desplazamos un sillón arrastrándolo por el suelo, la fuerza de fricción dinámica actúa en sentido contrario al desplazamiento del sillón y, por tanto, **el trabajo producido por la fuerza de fricción es negativo**. En términos generales podemos decir que, cuando una fuerza aplicada a un objeto tiene una componente en la misma dirección del desplazamiento del mismo, con un ángulo θ comprendido entre 0° y 90°, el coseno de dicho ángulo tendrá un valor positivo y por tanto, el trabajo mecánico realizado también será positivo. Pero, si la fuerza aplicada sobre el objeto, tiene una componente opuesta al desplazamiento de dicho objeto, con un ángulo θ comprendido entre 90° y 180°, el coseno de dicho ángulo tendrá un valor negativo y el trabajo mecánico realizado por la componente de la fuerza tendrá un valor negativo. Por último, cuando la fuerza aplicada a un objeto es perpendicular al desplazamiento del objeto, el ángulo θ tiene un valor de 90° y el coseno de este ángulo, es igual a cero, por lo que el trabajo producido por dicha fuerza, también es cero.

Ejemplos

Trabajo mecánico

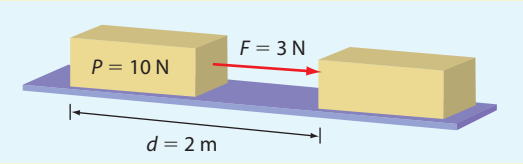
1. En la figura siguiente, se observa un bloque cuyo peso es de 10 N y se levanta a una altura de 1 m. ¿A cuánto equivale el trabajo realizado?



Solución

$$T = Fd = 10\,\text{N} \times 1\,\text{m} = 10\,\text{J}$$

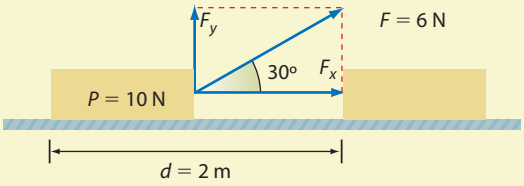
2. Si el mismo bloque es empujado ahora en forma horizontal (véase la figura siguiente), con una fuerza cuya magnitud es de 3 N en ausencia de la fuerza de fricción y lo desplaza 2 m con velocidad constante, ¿a cuánto es igual el trabajo realizado por dicha fuerza?



Solución

$$T = Fd = 3\,\text{N} \times 2\,\text{m} = 6\,\text{J}$$

3. En la figura siguiente se tiene el mismo bloque que en el problema anterior, pero ahora es jalado por una fuerza cuya magnitud es de 6 N que forma un ángulo de 30° respecto a la dirección del desplazamiento. ¿Cuál será el trabajo realizado si el desplazamiento del bloque es de 2 metros?



Solución

Al observar la figura se tiene que la fuerza cuya magnitud es de 6 N, forma un ángulo de 30° con respecto al desplazamiento, por lo que debe descomponerse en sus dos componentes rectangulares que son F_x y F_y. Como el bloque se mueve horizontalmente, de acuerdo con la definición del trabajo sólo la componente horizontal de la fuerza, o sea F_x es la que produce un trabajo y por tanto el valor de éste será:

$$T = Fd\cos 30° = 6\,\text{N} \times 2\,\text{m} \times 0.8660 = \mathbf{10.39\,N}$$

4. Si luego aplicamos al bloque anterior una fuerza cuya magnitud es de 6 N, primero con un ángulo de 20° respecto a la dirección del desplazamiento, después con un ángulo de 10° y finalmente con un ángulo de 0°.

Calcula

a) ¿Cuál es el trabajo realizado en cada caso si la magnitud del desplazamiento del bloque siempre es de 2 metros?

b) ¿Cuál será el ángulo más apropiado para que la fuerza realice un mayor trabajo?

c) Si aplicáramos la fuerza con un ángulo de 90° respecto a la dirección en que se efectuaron los desplazamientos, ¿cuánto valdría el trabajo?

Solución

a) Trabajo realizado cuando la fuerza forma un ángulo de 20° respecto a la dirección del desplazamiento:

$$T = Fd\cos 20° = 6\,\text{N} \times 2\,\text{m} \times 0.9397 = \mathbf{11.28\,J}$$

Trabajo realizado cuando la fuerza forma un ángulo de 10° respecto a la dirección del desplazamiento:

$$T = Fd\cos 10° = 6\,\text{N} \times 2\,\text{m} \times 0.9848 = \mathbf{11.82\,J}$$

Trabajo realizado cuando la fuerza actúa en la misma dirección en que se efectúa el desplazamiento:

$$T = Fd = 6\,\text{N} \times 2\,\text{m} = \mathbf{12\,J}$$

b) Como se observa, la fuerza realiza un mayor trabajo a medida que se aplica cada vez con un ángulo menor respecto al desplazamiento del bloque. El mayor trabajo se obtiene cuando la dirección en que se aplica la fuerza es la misma que tiene el desplazamiento ($\boldsymbol{\theta = 0°}$).

c) Si aplicamos la fuerza con un ángulo de 90°, su dirección es perpendicular al desplazamiento del objeto y, por tanto, el trabajo realizado será cero toda vez que cos **90° = 0**.

5. Un estudiante cuyo peso es de 588 N sube por una escalera que tiene una longitud de 17 m hasta llegar a una altura de 10 metros.

Calcula

a) ¿Qué trabajo realizó?

b) Si la longitud de la escalera aumenta o varía su inclinación, ¿cambia el valor del trabajo que es necesario realizar para alcanzar una altura de 10 metros?

Solución

a) Puesto que, para subir, la persona debe realizar una fuerza igual a su peso a fin de alcanzar la altura de 10 m, el trabajo será:

Datos

$\boldsymbol{T = ?}$

$P = 588\,\text{N}$

$d = 10\,\text{m}$

Sustitución y resultado

$$T = Fd = 588\,\text{N} \times 10\,\text{m} = \mathbf{5\,880\,N}$$

b) El trabajo necesario para que el estudiante suba a una altura de 10 m es independiente de la longitud o de la inclinación de la escalera, pues desde el punto de vista físico, lo único que importa es la fuerza que se realiza vertical hacia arriba y la altura que alcanza el cuerpo.

6. Una atleta levanta una pesa de 1 470 N desde el suelo hasta una altura de 1.9 metros.

Calcula

a) ¿Qué trabajo realiza?

b) Si mantiene la pesa a la misma altura y camina sobre el suelo 3 m, ¿realiza trabajo?

Solución

a) Como la magnitud de la fuerza que es necesario aplicar para elevar la pesa a velocidad constante es igual y opuesta a la magnitud del peso de la misma, tenemos:

Datos

$P = F = 1\,470\ \text{N}$

$d = 1.9\ \text{m}$

$T = ?$

Sustitución y resultado

$$T = Fd = 1\,470\ \text{N} \times 1.9\ \text{m} = \mathbf{2\,793\ J}$$

b) No realiza ningún trabajo, ya que éste se produce sólo cuando un objeto se mueve en la misma dirección en que actúa la fuerza. Así, como el peso de la pesa está dirigido verticalmente hacia abajo, la fuerza para sostenerlo actúa en sentido vertical hacia arriba, y como el desplazamiento es horizontal no existe componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento. Por tanto, para realizar trabajo se necesita levantar más la pesa.

Para una mayor aclaración con respecto a este inciso, revisa la figura 4.1.

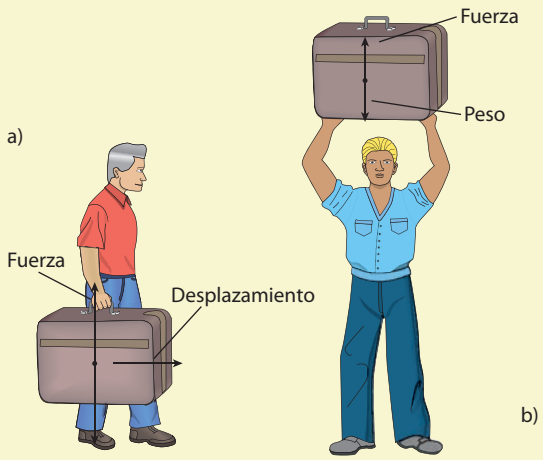


Figura 4.1

En a) vemos una persona que camina cargando una maleta, pero no realiza ningún trabajo, pues la fuerza la aplica hacia arriba y el desplazamiento es horizontal. En b) una persona carga una maleta, pero tampoco efectúa trabajo, pues no hay desplazamiento en dirección de la fuerza aplicada.

Ejercicios

1. Se realiza un trabajo mecánico de 3 500 J para elevar un costal con arena cuyo peso tiene una magnitud de 350 N. Determina la altura a la que se elevó el costal.

2. Un muchacho levanta una silla cuyo peso tiene una magnitud de 49 N hasta una altura de 0.75 m. ¿Qué trabajo realiza?

3. Determina el trabajo realizado al desplazar una caja 3 m sobre una superficie horizontal, si se desprecia la fricción y la fuerza aplicada tiene una magnitud de 25 N.

4. ¿Qué magnitud de peso tendrá una petaca si al levantarla a una altura de 1.5 m se realiza un trabajo de 88.2 joules?

5. Una bolsa de café tiene una masa de 1 kg. ¿A qué distancia se levantó del suelo si se realizó un trabajo de 19.6 joules?

6. Un señor levanta su petaca cuyo peso tiene una magnitud de 196 N hasta una altura de 0.5 m.

Calcula

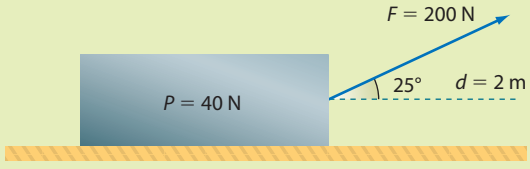
a) ¿Qué trabajo mecánico realiza?

b) Si se queda parado durante 2 minutos, sosteniendo la petaca a la misma altura, ¿cuánto vale el trabajo mecánico?

c) Si camina 5 m sin variar la altura de la petaca, ¿cuánto vale el trabajo mecánico realizado?

7. Se aplica una fuerza de 18 N en forma horizontal sobre un bloque desplazándolo con una magnitud de 6 m a velocidad constante. ¿Cuánto trabajo realiza? Considera despreciable la magnitud de la fuerza de fricción.

8. a) Calcula el trabajo realizado por una fuerza de 200 N que forma un ángulo de 25° respecto a la horizontal, al desplazar 2 m el prisma rectangular que se muestra en la siguiente figura.



b) Calcula el trabajo si la fuerza es paralela al desplazamiento.

c) Determina el trabajo si la fuerza es perpendicular al desplazamiento.

9. Un carpintero cuyo peso tiene una magnitud de 686 N sube por una escalera que tiene una longitud de 25 m hasta llegar a una altura de 15 metros.

Calcula

a) ¿Qué trabajo realizó?

b) ¿Qué trabajo realiza si sube a la misma altura de 15 m, pero usando una escalera cuya longitud es de 35 metros?

10. Un albañil levanta un bulto de cemento de 490 N desde el suelo hasta colocarlo sobre su hombro a una altura de 1.45 metros.

Calcula

a) ¿Qué trabajo realiza?

b) Si se queda parado 30 segundos, ¿cuánto trabajo realiza?

c) Si mantiene el bulto a la misma altura y camina 5 m, ¿cuánto trabajo realiza?

4.2 Energía cinética y energía potencial

La energía siempre ha estado estrechamente ligada con las actividades cotidianas del ser humano, toda vez que el hombre primitivo realizaba sus tareas utilizando primero la energía de su cuerpo. Posteriormente, aprendió a domesticar animales y a utilizar su energía para hacer más fáciles sus actividades. Más tarde, descubrió otras fuentes de energía y aprendió a usar la del viento para la propulsión de sus barcos de vela; así como a aprovechar la energía de las corrientes del agua al construir en los ríos, molinos de granos.

Tipos de energía

Existen varios tipos de energía como son:

Energía calorífica

Se produce por la combustión de carbón, madera, petróleo, gas natural, gasolina y otros combustibles (Fig. 4.2).



Figura 4.2
El hombre obtiene energía calorífica por medio de la combustión de la materia.

Energía eléctrica

Se obtiene principalmente por medio de generadores eléctricos, pilas secas, acumuladores y celdas solares. Se utiliza para producir un movimiento o flujo de electrones a través de un material conductor. La corriente eléctrica genera luz, calor y magnetismo (Fig. 4.3).



Figura 4.3
En nuestros hogares utilizamos la energía eléctrica para el funcionamiento de diversos aparatos.

Energía química

Se produce cuando las sustancias reaccionan entre sí alterando su constitución íntima, como es el caso de la energía obtenida en los explosivos o en las pilas eléctricas.

Energía hidráulica

Se aprovecha cuando la corriente de agua mueve un molino o la caída de agua de una presa mueve una turbina (Fig. 4.5).

Energía eólica

Es la producida por el movimiento del aire y se aprovecha en los molinos de viento o en los aerogeneradores de alta potencia para producir electricidad (Fig. 4.6).

Energía radiante

Es la energía producida por ondas electromagnéticas que se caracterizan por su propagación en el vacío a una velocidad aproximada de 300 000 km/s, tal es el caso de las ondas de radio, los rayos gamma, rayos X, ultravioleta, infrarrojos o luminosos.



Figura 4.4
La energía potencial del agua almacenada se transforma en cinética y se utiliza para mover turbinas.



Figura 4.5
La energía eólica producida por el movimiento del aire, es decir, el viento, es una inestimable fuente de energía.

Energía nuclear

Es la originada por la energía que mantiene unidas a las partículas en el núcleo de los átomos, y que es liberada en forma de energía calorífica y radiante cuando se produce una reacción de fusión, y es caracterizada por la unión de dos núcleos ligeros, para formar uno mayor. O bien, cuando se produce una reacción de fisión al desintegrarse el núcleo de un elemento de peso atómico elevado, como es el caso del uranio, liberándose gran cantidad de energía que se utiliza para calentar agua.

Energía mecánica

Es la que tienen los objetos cuando son capaces de interaccionar con el sistema del cual forman parte, para realizar un trabajo. Se divide en **energía cinética y potencial**.

Definición de energía

Encontrar una definición precisa para la energía no es algo sencillo, pero podemos decir:

La energía es una propiedad que caracteriza la interacción de los componentes de un sistema físico que tiene la capacidad de realizar un trabajo. Es importante señalar que la energía se manifiesta de diferentes formas, aun cuando **no se crea de la nada**, ya que **cuando hablamos de producir energía, en realidad nos referimos a su transformación de una energía a otra**, puesto que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. En conclusión, un objeto tiene energía si es capaz de interaccionar con el sistema del cual forma parte, para realizar un trabajo.

El joule y el ergio como las unidades en que se mide el trabajo, la energía cinética y la potencial

Ya señalamos que en el Sistema Internacional se utiliza al **joule** para medir el trabajo. También es la unidad usada para medir la energía. Esto lo veremos en seguida, al medir la energía cinética y potencial. Recordemos que:

$$\mathbf{1\,J = Nm = (kg\,m/s^2)(m) = kg\,m^2/s^2}$$

En el sistema cegesimal o CGS, se utiliza al **ergio** como unidad para medir el trabajo y la energía. Veamos:

$$1 \text{ ergio} = \text{dina cm} = (\text{g cm/s}^2)(\text{cm}) = \text{g cm}^2/\text{s}^2$$

Transformación de joule a ergio:

$$1\,\text{Nm} \times \frac{1\times10^5 \text{ dina}}{1\,\text{N}} \times \frac{1\times10^2 \text{ cm}}{1\,\text{m}} = 1\times10^7 \text{ dina cm}$$

de donde : $1\text{J} = 1 \times 10^7$ ergio.

Nota: Un sistema físico cualquiera está constituido por una combinación de cuerpos u objetos que forman un todo homogéneo. Un sistema físico contribuye a la observación, el estudio, la investigación y, de ser posible, la manipulación de las distintas variables involucradas en el mismo.

En virtud de la importancia que representa **la energía potencial y la energía cinética** en muchos acontecimientos cotidianos, las estudiaremos en detalle a continuación.

Energía potencial gravitacional (EPG)

Cuando levantamos un objeto cualquiera a una cierta altura (h), como en la Fig. 4.7, debemos efectuar un trabajo igual al producto de la fuerza aplicada por la altura a la que fue desplazado. Este trabajo se convierte en **energía potencial gravitacional**, llamada así porque su origen se debe a la atracción gravitacional ejercida por la Tierra sobre el objeto. Así pues, debido a la atracción de la Tierra, si el objeto se deja caer será capaz de realizar un trabajo del mismo valor sobre cualquier objeto en el que caiga, ya que puede comprimir un resorte, perforar el piso o introducir pilotes hechos de hormigón armado en terrenos blandos (Fig. 4.12).

Como el trabajo (T) realizado para elevar un objeto es igual a la energía potencial gravitacional (EPG), tenemos:

$$EPG = T = Ph$$

La fuerza requerida para elevar un objeto a cierta altura es igual a su peso; por tanto:

$$F = P = mg$$

Donde la energía potencial gravitacional es igual a:

$$EPG = Ph = mgh$$

donde: $g = 9.8\ \text{m/s}^2$

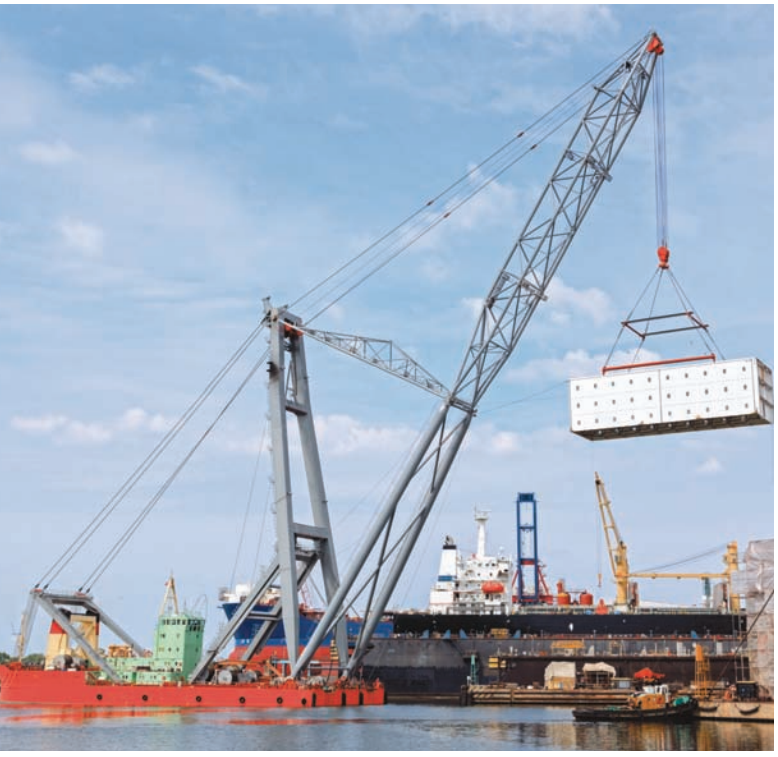


Figura 4.6
Un objeto tiene energía potencial gravitacional cuando se encuentra a cualquier altura con respecto al suelo.

Las unidades de *EPG* en el Sistema Internacional son:

$$\text{kg}\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\ \text{m} = \text{kgm}^2/\text{s}^2 = \text{joules (J)}$$

La energía potencial gravitacional de un objeto localizado a una cierta altura depende del nivel tomado como referencia. Por ejemplo, si un bloque de madera de 2 kg de masa, como el de la figura 4.7 está sobre una mesa cuya altura es de 1 m y se levanta a una altura de 0.6 m de la mesa, el bloque tendrá una energía potencial gravitacional respecto a la mesa igual a:

$$EPG = mgh = 2\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m/s}^2 \times 0.6\ \text{m} = 11.76\ \text{J}$$

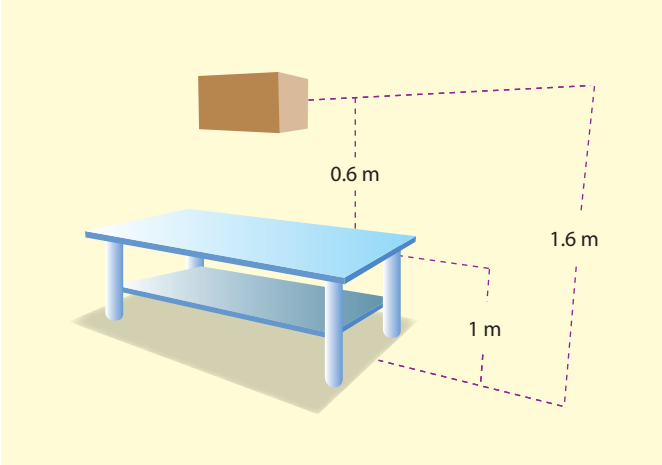


Figura 4.7
La energía potencial gravitacional de un objeto es mayor a medida que aumenta su altura de acuerdo con el nivel considerado como referencia.

Pero con respecto al suelo su altura es de 1.6 m. Por tanto, considerando este nivel de referencia, su energía potencial gravitacional es de:

$$EPG = mgh = 2\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m/s}^2 \times 1.6\ \text{m} = 31.36\ \text{J}$$

¿Puede ser la energía potencial gravitacional de valor negativo? La respuesta es sí. Veamos:

En la figura 4.8 se muestra un objeto suspendido a una cierta altura respecto al suelo, el cual se toma como nivel de referencia, y se observa también otro objeto pero en un lugar por debajo del suelo. El objeto elevado a una altura h del nivel de referencia tiene una **energía potencial gravitacional positiva**, pues al regresar al suelo será capaz de realizar un trabajo equivalente a su energía potencial gravitacional: $\boldsymbol{T = EPG = mgh}$. Pero, el objeto localizado a una altura h_1 debajo del nivel de referencia tiene una **energía potencial gravitacional negativa**, pues al bajar a ese punto cede energía y para subirlo de nuevo al nivel del suelo se debe realizar un trabajo positivo igual a:

$$\boldsymbol{T = -EPG = -(-mgh_1) = mgh_1}$$

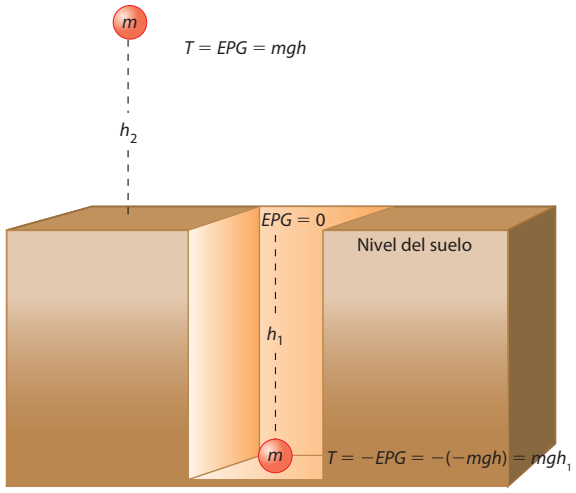


Figura 4.8
Si el nivel del suelo se considera como nivel cero de energía potencial gravitacional, un objeto que se localice abajo de dicho nivel tendrá una energía potencial gravitacional negativa.

Un objeto colocado exactamente en el suelo, considerado como nivel de referencia, no tiene ninguna altura y por tanto **su valor de *EPG* será igual a cero**.

En la figura 4.9 vemos cómo por medio de una polea fija podemos subir una cubeta con agua, colocando una pesa en el otro extremo de la cuerda. **Al bajar la pesa, se transforma su energía potencial gravitacional en trabajo**, pues logra subir la cubeta; así, ésta recibe energía potencial gravitacional de la pesa, conservándose la energía si la fricción en la polea es despreciable.

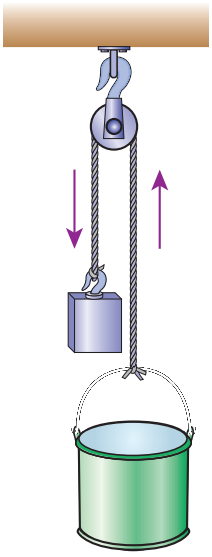


Figura 4.9
Al ir bajando la pesa, transforma su energía potencial gravitacional en trabajo al elevar el otro cuerpo.

Energía potencial elástica

Por el estado en que se encuentran un resorte comprimido o estirado, una liga tensa, o los muelles de espiral, como la cuerda enrollada de un reloj, tienen la capacidad de realizar trabajo, es decir, de desplazar algún objeto por la acción de una fuerza. Debido a ello **tiene energía potencial elástica** (Fig. 4.10).

Energía cinética

Todo objeto en movimiento tiene energía cinética. Por ejemplo, una persona cuando camina o corre, un avión en pleno vuelo o al momento de adquirir velocidad para su despegue, una corriente de agua, un disco que gira, la rueda de la fortuna, un pájaro al volar, una canica al rodar por el suelo, una manzana que cae de un árbol y, en fin, todo aquello que está en movimiento tiene energía cinética (Fig. 4.11).

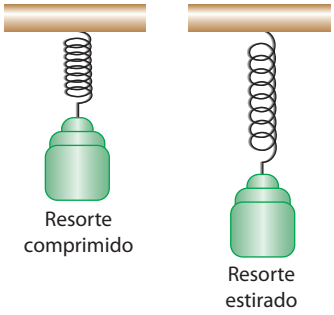


Figura 4.10
Cuando se estira o comprime un objeto elástico adquiere energía potencial elástica.



Figura 4.11
Cuando un objeto está en movimiento tiene energía cinética.

Seguramente habrás observado cómo **unos objetos tienen movimiento de traslación y otros de rotación, o una combinación de ambos**. Decimos que un objeto presenta **movimiento de traslación** cuando todas sus partes siguen una dirección constante, por ejemplo un avión en vuelo, o una piedra cayendo al suelo desde la cima de un precipicio. Un objeto tiene **movimiento de rotación** cuando lo lleva a cabo alrededor de una recta llamada eje de rotación, cuyos puntos permanecen inmóviles, por ejemplo una rueda de la fortuna, disco compacto, un engrane o una polea fija. Hay objetos con movimiento de traslación y rotación, como es el caso de la Tierra y también el de un yoyo.

Energía cinética traslacional (ECT)

Un objeto tiene energía cinética traslacional cuando todas sus partes siguen una misma dirección, por ejemplo, tú cuando caminas o corres, un automóvil en movimiento, etcétera.

Un objeto suspendido a cierta altura, al ser soltado, transforma su energía potencial gravitacional en energía cinética tras-

lacional. Por ejemplo, para construir la Torre Latinoamericana, edificio ubicado en el centro de la ciudad de México fue necesario reforzar el suelo blando de esa área mediante pilotes, los cuales fueron introducidos o clavados por medio de un martinete (Fig. 4.12) elaborado básicamente por un gran mazo dentro de guías para mantenerlo correctamente en la dirección del blanco u objetivo.



Figura 4.12
La energía potencial gravitacional que tiene el mazo se utiliza para introducir pilotes en suelos blandos, para reforzarlos y construir edificios más seguros.

Para que un objeto en reposo adquiera **energía cinética traslacional**, es necesario realizar un trabajo sobre él, de tal manera que una fuerza constante al actuar sobre el objeto, lo desplace aumentando la magnitud de su velocidad, acelerándolo desde el reposo hasta una cierta velocidad. Por tanto, el trabajo realizado por la fuerza al actuar sobre el objeto será igual al cambio en la energía cinética del mismo, de donde:

Cambio de energía cinética traslacional (ΔECT) = trabajo (T)

Partiremos de la igualdad anterior entre el cambio de la energía cinética y el trabajo, para deducir la expresión matemática de la energía cinética traslacional. Al considerar que el objeto parte del reposo, tenemos que $\Delta ECT = ECT$, de donde:

$$ECT = T = Fd \qquad (1)$$

De la segunda ley de Newton tenemos que:

$$F = ma \qquad (2)$$

Sustituyendo la ecuación 2 en 1 tenemos:

$$ECT = mad \qquad (3)$$

De acuerdo con las ecuaciones utilizadas en el MRUA (movimiento rectilíneo uniformemente acelerado), recordaremos que cuando un objeto se acelera desde el reposo, la distancia se calcula por medio de la expresión:

$$d = \frac{1}{2}\, at^2 \qquad (4)$$

Sustituyendo la ecuación 4 en 3:

$$ECT = ma\,\frac{1}{2}\, at^2 = \frac{1}{2}\, m\,(at)^2 \qquad (5)$$

También sabemos que cuando un objeto se acelera desde el reposo, la magnitud de la velocidad que adquiere al cabo de cierto tiempo es:

$$v = at \qquad (6)$$

Si elevamos al cuadrado la ecuación 6 tenemos:

$$v^2 = (at)^2 \qquad (7)$$

Por lo que al sustituir la ecuación 7 en 5 nos queda:

$$ECT = \frac{1}{2}\, mv^2 = \frac{mv^2}{2}$$

De donde podemos concluir que **la energía cinética traslacional de un objeto es igual a un medio del producto de su masa por el cuadrado de la magnitud de la velocidad que tiene**.

La unidad usada en el Sistema Internacional para la energía, la podemos encontrar sustituyendo en la ecuación de la energía cinética traslacional la unidad de masa (kg) y la unidad de velocidad (m/s) elevada al cuadrado:

La unidad de la *ECT* en el SI es igual a: $\mathbf{kgm^2/s^2 = joule = J}$

Energía cinética rotacional (ECR)

La energía cinética rotacional se presenta en los objetos cuando éstos giran. Por ejemplo, antes de soltar una canica por un plano inclinado, como se muestra en la figura 4.13, ésta tiene una energía potencial gravitacional igual a su peso por su altura, pero **al caer transforma su energía potencial gravitacional en energía cinética traslacional**. Pero además, debido a que existe fricción o rozamiento entre la canica y la superficie del plano inclinado, la canica

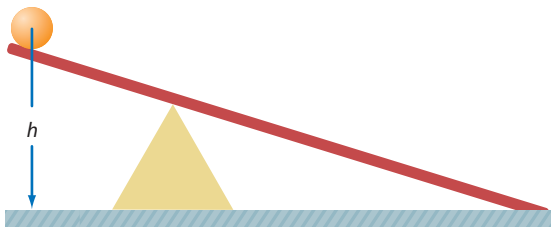


Figura 4.13
Antes de deslizarse por el plano, la canica tiene una energía potencial gravitacional, la cual se transforma en energía cinética traslacional y en energía cinética rotacional, ésta como consecuencia de la fricción.

empieza a girar, adquiriendo también **energía cinética rotacional**. Si no existiera fricción entre la superficie y la canica, ésta no giraría y únicamente tendría energía cinética traslacional al deslizarse por el plano inclinado. ¿Te das cuenta de la importancia que representa la **fuerza de fricción** cuando una superficie se desplaza sobre otra? ¿Qué superficie propondrías para lograr que la canica reduzca su fricción en el plano inclinado de tal manera que sólo se deslice y no gire?

Otro ejemplo de objeto con **energía cinética rotacional y traslacional** es el yoyo. Al estar enrollado a una cierta altura y soltarlo transforma su energía potencial gravitacional a energía cinética traslacional, pues se desplaza hacia el suelo hasta casi tocarlo; pero también adquiere energía cinética rotacional al girar sobre su propio eje. Cuando el yoyo llega casi al suelo y allí se le deja girando, observarás que debido a la fuerza de fricción entre la cuerda y el eje del yoyo, éste se detiene al cabo de cierto tiempo. Sin embargo, si le das un tirón leve cuando todavía está girando, puedes lograr que transforme parte de su energía cinética rotacional en energía cinética traslacional al subir, por supuesto a una menor altura y por tanto, también adquiere energía potencial gravitacional. Luego vuelve a bajar y luego a subir cada vez a una menor altura, hasta que se detiene por **la fuerza de fricción**.

Rapidez traslacional y rapidez rotacional

Cuando se coloca una moneda pequeña *cerca* del centro de giro de uno de los antiguos discos musicales de 33 revoluciones (o vueltas por minuto) y otra moneda, también pequeña, *alejada* del centro de giro del disco, es decir, donde se localiza la primera melodía, se observa lo siguiente: las dos monedas tienen la misma **rapidez rotacional**, ya que ambas realizan 33 revoluciones por minuto, pero la moneda más alejada del centro de giro o eje de rotación tiene una mayor **rapidez de traslación** medida en m/s respecto a la moneda más cercana al eje de rotación. Este fenómeno se puede relacionar con la rapidez rotacional y traslacional para dos personas, una cerca del polo norte y otra cerca del ecuador. Ambas tendrán la misma **rapidez rotacional**, pero la que se encuentra en el ecuador tendrá una mayor **rapidez traslacional**.

Inercia rotacional

Un objeto en reposo tiende a seguir en esa condición y uno en movimiento a seguir su movimiento en línea recta. De igual manera, un objeto que gira trata de continuar así y uno que no gira trata de seguir así. **La propiedad de los objetos de oponerse a cambios en su estado de movimiento de rotación recibe el nombre de inercia rotacional**, también llamado **momento de inercia**. La inercia rotacional, al igual que la inercia traslacional del objeto, depende de su masa pero, a diferencia del movimiento traslacional, depende de la distribución de la masa del objeto respecto a su eje de rotación. Por ello, si se dejan caer por un plano inclinado un cilindro sólido y un anillo o un tubo, con o sin la misma masa o diámetro exterior, el cilindro sólido rodará hacia abajo más rápido, porque el anillo, al tener su masa concentrada más lejos de su eje de giro, tendrá una mayor inercia rotacional, oponiéndose más a su giro y rodando más despacio. Esta situación no se presenta igual si se deslizan dos bloques de diferente masa por un plano inclinado, o se dejan caer al suelo al mismo tiempo, pues, como sabemos ambos tardarán el mismo tiempo en caer al suelo. En conclusión, **al intervenir la rotación, un objeto con mayor inercia rotacional presentará mayor resistencia a un cambio en su movimiento**, tardando más tiempo en rodar por un plano inclinado (Fig. 4.14).

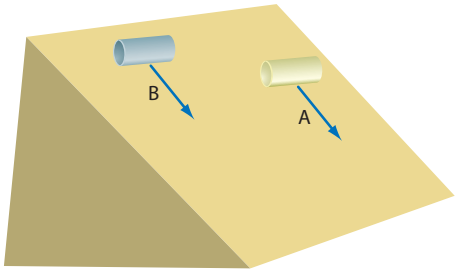


Figura 4.14
El cilindro sólido A rodará más rápido en el plano inclinado que el anillo B, no obstante que tengan la misma masa o el mismo diámetro exterior, ya que el anillo presenta una mayor inercia rotacional.

Si deseas profundizar en estos temas, visita nuestra página web www.sali.org.mx donde encontrarás los archivos: "Ejemplo de Energía cinética y potencial.pdf", "Ejemplo de trabajo", "Energía cinética y potencial.mp4".

4.3 Ley de la conservación de la energía mecánica

Cuando enciendes un cerillo utilizas la energía química que éste tiene para que arda. La sustancia de la que está hecho reacciona con el oxígeno del aire y se desprende energía hacia el **ambiente y lo calienta, aunque sea de manera insignificante**. En los motores de combustión interna que se utilizan en los automóviles (Fig. 4.15), se aprovecha la energía calorífica producida por la combustión de la gasolina para producir un trabajo mecánico, mismo que por medio del cigüeñal, hará posible que el automóvil se desplace.

Cuando al dejar caer un objeto su energía potencial gravitacional se transforma en energía cinética al adquirir cierta velocidad y, por último, al golpear contra el suelo le transfiere su energía al hundirlo si es blando, o al calentarlo si es duro.

En las transformaciones que ocurren en la naturaleza se producen transferencias de energía de unos sistemas a otros, los cuales interaccionan. Éstas se producen en forma de trabajo o de energía, por ejemplo, energía calorífica.



Figura 4.15
La energía calorífica producida por la combustión de la gasolina, se transforma en trabajo mecánico sólo en 23%. El 77% restante se pierde en el calentamiento de gases residuales que contaminan la atmósfera, en energía radiada y en la fricción entre las partes móviles del vehículo.

Como acabamos de ver, la energía se manifiesta de diferentes maneras; sin embargo, no se crea de la nada, ya que **cuando hablamos de producir energía, en realidad nos referimos a su transformación de una energía a otra**. Con estas consideraciones, podemos establecer la siguiente **ley de la conservación de la energía**:

> La energía existente en el universo es una cantidad constante que no se crea ni se destruye, únicamente se transforma.

La conservación de la energía mecánica es posible siempre y cuando exista una ausencia de agentes como la resistencia del aire o de otras fuerzas disipativas. En estas condiciones, la suma de energía potencial y la energía cinética es una constante. La fuerza de fricción o rozamiento es una fuerza disipativa, ya que cuando un cuerpo regresa a su posición inicial o punto de partida, lo hace con menor energía mecánica. Por tanto, la fuerza de fricción o cualquier otra fuerza que actúe desminuyendo la energía mecánica total de un cuerpo, será un agente que imposibilite la conservación de la energía mecánica.

El calor como una forma de energía que resulta de la acción de fuerzas disipativas

Las fuerzas disipativas son aquellas que actúan disminuyendo la energía mecánica total de un cuerpo, tal es el caso de la fuerza de fricción que provoca que cuando un cuerpo regresa a su posición inicial o punto de partida, lo hace con menos energía mecánica. La pérdida de energía mecánica se ha transformado en calor, por lo que éste es una forma de energía que resulta de la acción de una fuerza disipativa.

Ejemplos

Energía cinética y potencial

1. ¿Cuál es la energía cinética traslacional de una esfera que pesa 4.4 N y lleva una velocidad cuya magnitud es de 12 m/s?

Solución

Datos

$ECT = ?$

$P = 4.4\,\text{N}$

$v = 12\,\text{m/s}$

Fórmula

$$m = \frac{p}{g}$$

$$ECT = \frac{1}{2}mv^2$$

Sustitución y resultados

$$m = \frac{4.4\,\text{kg m/s}^2}{9.8\,\text{m/s}^2} = 0.449\,\text{kg}$$

$$ECT = \frac{1}{2}\,0.449\,\text{kg}\,(12\,\text{m/s})^2 = \mathbf{32.33\,J}$$

2. Calcula en joules la energía cinética traslacional que lleva un proyectil de 7 g si la magnitud de su velocidad es de 420 m/s.

Solución

Datos

$ECT = ?$

$m = 7\,\text{g} = 0.007\,\text{kg}$

$v = 420\,\text{m/s}$

Fórmula

$$ECT = \frac{1}{2}mv^2$$

Sustitución y resultado

$$ECT = \frac{1}{2}\,0.007\,\text{kg}\,(420\,\text{m/s})^2$$

$$= 705.6\,\text{kg m}^2/\text{s}^2 = \mathbf{705.6\,J}$$

3. Calcula la masa de una caja cuya magnitud de velocidad es de 10 m/s y su energía cinética traslacional, de 1 000 J.

Solución

Datos

$m = ?$

$v = 10\,\text{m/s}$

$ECT = 1\,000\,\text{J}$

Fórmula

$$ECT = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore m = \frac{2\,ECT}{v^2}$$

Sustitución y resultado

$$m = \frac{2\times 1000\,\text{kg m}^2/\text{s}^2}{(10\,\text{m/s})^2} = 20\,\text{kg}$$

4. Determina la magnitud de la velocidad que lleva un paquete cuya masa es de 3 kg, si su energía cinética traslacional es de 200 J.

Solución

Datos

$v = ?$

$m = 3\,\text{kg}$

$ECT = 200\,\text{J}$

Fórmula

$$ECT = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2\,ECT}{m}}$$

Sustitución y resultado

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 200\,\text{kg m}^2/\text{s}^2}{3\,\text{kg}}}$$

$$= \sqrt{133.33\,\text{m}^2/\text{s}^2} = \mathbf{11.55\ m/s}$$

5. Calcula la energía potencial gravitacional de una mesa de 2.5 kg si se eleva a una altura de 2 metros.

Solución

Datos

$EPG = ?$

$m = 2.5\,\text{kg}$

$h = 2\,\text{m}$

$g = 9.8\,\text{m/s}^2$

Fórmula

$$EPG = mgh$$

Sustitución y resultado

$$EPG = 2.5\,\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2 \times 2\,\text{m}$$

$$= 49\,\text{kg m}^2/\text{s}^2 = \mathbf{49\ J}$$

6. ¿A qué altura se debe encontrar una olla con agua de 5 kg para que tenga una energía potencial gravitacional de 90 J?

Solución

Datos

$h = ?$

$m = 5\,\text{kg}$

$EPG = 90\,\text{J}$

Fórmula

$$EPG = mgh$$

$$\therefore h = \frac{EPG}{mg}$$

Sustitución y resultado

$$h = \frac{90\,\text{kg m}^2/\text{s}^2}{5\,\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2} = \mathbf{1.84\ m}$$

7. Una maceta de 4 kg se encuentra a una altura de 5 m.

Calcula

a) ¿Cuál es su energía potencial gravitacional?

b) ¿Cuál es su energía cinética traslacional, en el preciso instante en que la maceta está a punto de chocar contra el suelo al caer libremente?

Solución

Datos

$m = 4\,\text{kg}$

$h = 5\,\text{m}$

a) $EPG = ?$

b) $ECT = ?$

$g = 9.8\,\text{m/s}^2$

Fórmula

a) $EPG = mgh$

b) $v = \sqrt{2gh}$

$$ECT = \frac{1}{2}mv^2$$

Sustitución y resultados

a) $EPG = 4\,\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2 \times 5\,\text{m} = \mathbf{196\ J}$

b) Para calcular la energía cinética traslacional primero determinamos la magnitud de la velocidad que llevará antes de chocar contra el suelo:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8\,m/\text{s}^2 \times 5\,\text{m}}$$

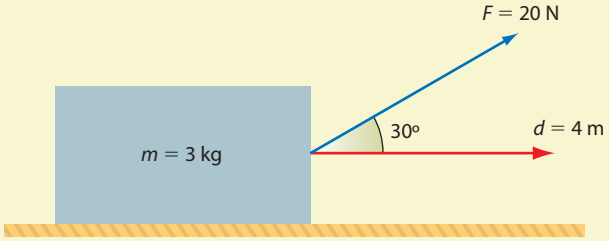
$$= 9.9\,\text{m/s}$$

$$ECT = \frac{mv^2}{2}$$

$$ECT = \frac{4\,\text{kg}\,(9.9\,\text{m/s})^2}{2} = \mathbf{196\ J}$$

Como podemos observar, los valores de energía potencial gravitacional y cinética traslacional son los mismos, pues en el preciso instante en que la maceta está por chocar contra el suelo, toda su energía potencial se transforma en energía cinética.

8. A un bloque de 3 kg se le aplica una fuerza constante cuya magnitud es de 20 N, formando un ángulo de 30° respecto a la horizontal, como se muestra en la siguiente figura. Si a partir del reposo se ha desplazado 4 m, ¿qué magnitud de velocidad llevará en ese instante? Considera nulo el rozamiento.



Solución

Datos

$m = 3\,\text{kg}$

$F = 20\,\text{N}, \sphericalangle 30°$

$d = 4\,\text{m}$

$v = ?$

Como el trabajo que realiza la fuerza es igual a la energía cinética traslacional que adquiere el bloque tenemos:

$$T = ECT$$

$$Fd\cos 30° = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2Fd\cos 30°}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times 20\,\text{kg m/s}^2 \times 4\,\text{m}\times 0.8660}{3\,\text{kg}}}$$

$$= \sqrt{46.19\,\text{m}^2/\text{s}^2} = \mathbf{6.8\ m/s}$$

9. Una camioneta tiene una energía cinética traslacional de 3×10^5 J y se detiene después de recorrer 30 m. Calcula la magnitud de la fuerza media que ha actuado para detenerlo.

Solución

Datos	**Fórmula**
$ECT = 3 \times 10^5\,\text{J}$	$ECT = \boldsymbol{T}$
$d = 30\,\text{m}$	$ECT = Fd$
$\boldsymbol{F = ?}$	$\therefore F = \dfrac{ECT}{d}$

Como la energía cinética traslacional perdida por la camioneta es igual al trabajo realizado contra la fuerza de rozamiento, tenemos que:

$$ECT = T$$

$$3 \times 10^5\,\text{J} = Fd$$

$$\therefore F = \frac{3\times 10^5\,\text{Nm}}{30\,\text{m}} = 0.1 \times 10^5\,\text{N}$$

$$= 1 \times 10^4\,\text{N}$$

Uso de TIC

Para que observes videos de trabajo mecánico, energía mecánica, así como propuestas de tareas o ejercicios, consulta la siguiente página de Internet:
http://blog.educastur.es/eureka/4%C2%BA-fyq/trabajo-y-energia-mecanica/

10. Un balón de 0.4 kg se lanza verticalmente hacia arriba con una velocidad cuya magnitud es de 30 m/s.

Calcula

a) El valor inicial de la energía cinética traslacional y potencial gravitacional.

b) Las energías cinética traslacional y potencial gravitacional a 15 m de altura.

c) Demuestra que la energía mecánica se conserva.

Solución

Datos	**Fórmula**
$m = 0.4\,\text{kg}$	$v_f = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$
$v_0 = 30\,\text{m/s}$	a) $ECT = \frac{1}{2}mv^2$
$g = -9.8\,\text{m/s}^2$	$EPG = mgh$
a) $\boldsymbol{ECT_i = ?}$	b) $ECT_{15\,\text{m}} = \frac{1}{2}mv^2$
$\boldsymbol{EPG_i = ?}$	$EPG_{15\,\text{m}} = mgh$
b) $\boldsymbol{ECT_{15\,\text{m}} = ?}$	c) $E_T = ECT + EPG$
$\boldsymbol{EPG_{15\,\text{m}} = ?}$	

a) $$ECT_i = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}0.4\,\text{kg}\,(30\,\text{m/s})^2$$

$$= \mathbf{180\ J}$$

$$EPG_i = mgh = 0.4\,\text{kg} \times 9.8\,\text{m/s}^2 \times 0 = \mathbf{0}$$

b) Para calcular la energía cinética traslacional cuando ha ascendido 15 m, debemos calcular la magnitud de la velocidad que lleva de acuerdo con la fórmula del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:

$$v_f^2 = v_0^2 + 2gh \therefore$$

$$v_f = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

$$v_f = \sqrt{(30\,\text{m/s})^2 + 2(-9.8\,\text{m/s}^2 \times 15\,\text{m})}$$

$$= \sqrt{606\,\text{m}^2/\text{s}^2} = 24.62\,\text{m/s}$$

$$\therefore ECT_{15\,\text{m}} = \frac{1}{2}0.4\,\text{kg}\,(24.62\,\text{m/s})^2$$

$$= \mathbf{121.23\ J}$$

$$EPG_{15\,m} = mgh$$
$$= 0.4\,kg \times 9.8\,m/s^2 \times 15\,m$$
$$= \mathbf{58.8\,J}$$

c) Como observamos, la energía mecánica total al inicio del movimiento era igual a la energía cinética traslacional inicial, o sea, 180 J, y al ascender 15 m ha perdido energía cinética traslacional, pero ha ganado energía potencial gravitacional. La energía mecánica a los 15 m es:

$$E_T = ECT + EPG = 121.2\,J + 58.8\,J = \mathbf{180\,J}$$

Misma energía con la que partió.

Ejercicios

1. Determina la energía cinética traslacional de un vehículo compacto cuya masa es de 1 250 kg y lleva una velocidad cuya magnitud es de 27 m/s.
2. Determina la energía cinética traslacional de una pelota de beisbol cuya masa es de 100 g y lleva una velocidad cuya magnitud es de 30 metros por segundo.
3. Un bulto cuyo peso es de 19.6 N lleva una velocidad cuya magnitud es de 10 m/s. ¿Cuál es su energía cinética traslacional?
4. Determina la masa de una esfera cuya energía cinética traslacional es de 400 J y lleva una velocidad cuya magnitud es de 30 m/s.
5. Calcula la magnitud de la velocidad de un paquete cuya masa es de 4 kg y tiene una energía cinética traslacional de 100 joules.
6. Un paquete de cuadernos de 1.5 kg se eleva a una altura de 1.3 m. ¿Cuál es su energía potencial gravitacional?
7. Calcula la altura a la que debe estar un ropero cuya masa es de 60 kg, para que su energía potencial gravitacional sea de 5 000 joules.
8. Una mezcladora de 980 N se eleva a una altura de 20 metros.

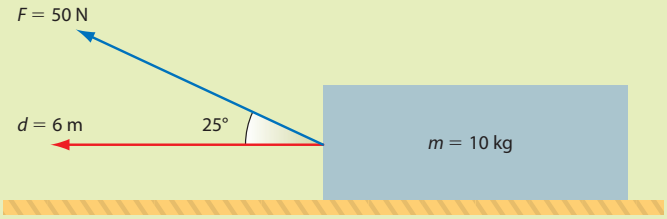
   Calcula

   a) ¿Qué trabajo se realiza para elevar la mezcladora?

   b) ¿Cuál es su energía potencial gravitacional a los 20 m de altura?

   c) ¿Cuál sería su energía cinética traslacional en el preciso instante antes de chocar contra el suelo si se dejara caer libremente?

9. Sobre un bloque de 10 kg se aplica una fuerza constante cuya magnitud es de 50 N con un ángulo de 25°, como se muestra en la figura. Si a partir del reposo se ha desplazado 6 m, ¿cuál será la magnitud de su velocidad en ese instante? Considera nula la fricción.



10. Un autobús de pasajeros lleva una energía cinética traslacional de 4×10^4 J y se detiene después de recorrer 20 m. Calcula la magnitud de la fuerza media que ha actuado para detenerla.
11. Una pelota de 0.2 kg se lanza verticalmente hacia arriba con una velocidad cuya magnitud es de 25 metros sobre segundo.

    Calcula

    a) ¿Cuánto vale la energía cinética traslacional y la energía potencial gravitacional al inicio de su ascenso?

    b) ¿Cuánto vale la energía cinética traslacional y la potencial gravitacional cuando ha subido 10 metros y cuánto vale su energía mecánica total?

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor, realiza lo siguiente.

Actividad experimental 10

Ley de la conservación de la energía

Objetivo

- Comprobar experimentalmente la ley de la conservación de la energía.

Consideraciones teóricas

La energía se define como la propiedad que caracteriza la interacción de los componentes de un sistema físico que tiene la capacidad de realizar un trabajo. Su unidad de medida en el SI es el joule. La energía mecánica se divide en potencial y cinética. La energía potencial se encuentra en todo objeto cuando en función de su posición o estado es capaz de realizar un trabajo. Todo objeto en movimiento tiene energía cinética, a mayor movimiento mayor energía. Un objeto suspendido a cierta altura, al ser soltado transforma su energía potencial en energía cinética. Cuando hablamos de producir energía, en realidad nos

referimos a la transformación de una energía en otra, esta afirmación conduce a la ley de la conservación de la energía, misma que señala lo siguiente: La energía existente en el universo es una cantidad constante que no se crea ni se destruye, únicamente se transforma. Cuando la energía se convierte en calor y ya no se puede transformar en otro tipo de energía, decimos que se ha degradado.

Material

- Un riel metálico semicircular
- Un balín metálico
- Un dinamómetro
- Una regla graduada

Procedimiento

1. Monta un dispositivo como el que se muestra en la figura 4.16, para ello, el riel debe estar libre de obstrucción y asperezas para evitar una fricción alta entre él y el balín metálico.

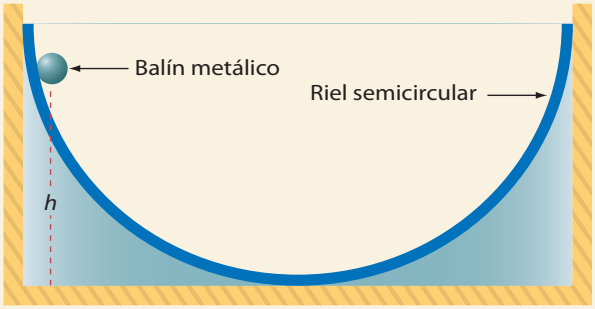


Figura 4.16
Dispositivo para estudiar la ley de la conservación de la energía.

2. Pesa el balín usando un dinamómetro, registra su magnitud.

3. Mide la altura (*h*) a la cual vas a colocar el balín en el riel semicircular para después soltarlo. Anota su valor.

4. Calcula el trabajo mecánico que realizas para levantar el balín desde la mesa de trabajo hasta la altura *h* en donde lo colocarás en el riel. Anota su valor.

5. Calcula la energía potencial del balín al estar colocado sobre el riel, antes de soltarlo. Anota su valor. ¿El resultado es igual al trabajo que realizaste para subirlo a esta altura? Reflexiona por qué.

6. Ahora suelta el balín y observa su desplazamiento. ¿A qué altura llega al ascender por el riel semicircular? ¿Alcanzó la altura original desde la cual descendió?

Cuestionario

1. Al pasar el balín por la parte inferior del riel, ¿cuánto vale su energía potencial gravitacional y cuánto vale su energía cinética traslacional?

2. Al ascender nuevamente el balín por el riel y alcanzar la altura máxima, ¿cuánto vale su energía potencial gravitacional en ese preciso instante?, ¿cuánto vale su energía cinética traslacional?

3. Al seguir desplazándose el balín a uno y otro lado del riel, ¿cómo varía la altura alcanzada y cuál es la causa de dicha variación?

4. Si el balín se va deteniendo poco a poco, ¿cómo explicas la pérdida de energía?

5. Con el experimento realizado, ¿se comprueba la ley de la conservación de la energía? ¿Sí o no y por qué?

Retroalimentación de la actividad experimental 10

Comprueba si tus respuestas fueron correctas al leer el siguiente texto.

Al responder a la pregunta 1 del cuestionario de la actividad experimental 10 *Ley de la conservación de la energía*, tu respuesta debió ser así: al pasar el balín por la parte inferior del riel, el valor de su energía potencial gravitacional es igual a cero y alcanza el valor máximo de energía cinética traslacional. A la pregunta 2 respondiste que al ascender de nuevo el balín por el riel y alcanzar la altura máxima, en ese preciso instante su energía potencial gravitacional es la mayor

y en cambio, su energía cinética traslacional tiene un valor de cero. A la pregunta 3 respondiste que al seguir desplazándose el balín a uno y otro lado del riel, la altura que alcanza cada vez es menor y la causa de dicha variación se debe a la fuerza de fricción que se produce entre el balín y el riel y el balín y el aire. A la pregunta 4, respondiste que la pérdida de energía se debe a la fricción entre el balín y el riel y el balín y el aire, lo cual produce calor que ya no es aprovechable, por lo que la energía se degrada. Por último, a la pregunta 5, debiste responder que sí se comprueba la ley de la conservación de la energía, toda vez que la energía potencial gravitacional se transformaba en energía cinética traslacional, y viceversa, además de la transformación de las energías mencionadas en energía calorífica.

Fuentes de energía

Casi toda la energía de que disponemos en la Tierra tiene su origen en el Sol. **La energía radiante del Sol** se debe a las reacciones nucleares de fusión que se producen en su interior. El Sol está compuesto, casi por completo, de hidrógeno, cuyos átomos se fusionan produciendo helio. Durante dicho proceso se desprenden enormes cantidades de energía (Fig. 4.17).

El Sol hace que crezcan los árboles y las plantas que sirven para alimentar a los animales. Todos ellos producen los restos orgánicos que, posteriormente, dan lugar al carbón, petróleo y gas natural. También por el Sol se producen los vientos y las lluvias que contribuyen a almacenar el agua en las presas. El Sol hace posible la vida en la Tierra, al suministrar los recursos energéticos indispensables.



Figura 4.17
Casi toda la energía con la que disponemos en la Tierra tiene su origen en el Sol.

Actualmente, la energía que proviene del Sol se utiliza para la calefacción de agua destinada al uso doméstico en casas y edificios. También se usa para el funcionamiento de diversos tipos de motores eléctricos provistos de **celdas solares** (dispositivos que transforman la energía luminosa en energía eléctrica). La mayoria de los satélites artificiales utilizan las celdas solares para obtener la electricidad que requieren sus aparatos de transmisión y recepción de señales de radio. También hay relojes y calculadoras de bolsillo que funcionan con celdas solares, gracias a la energía luminosa. En realidad, si fuera posible almacenar la energía radiante que proporciona el Sol, en unas cuantas horas se tendría energía suficiente para satisfacer las necesidades de todo el planeta durante el año.

Otra fuente de energía se encuentra en el subsuelo terrestre. En algunos lugares es tan alta la temperatura cerca de la superficie que se producen chorros de agua caliente y géiseres (surtidores de agua caliente que brotan del suelo en forma intermitente). En varios países, como el nuestro, estos fenómenos se aprovechan para producir energía mecánica a partir de la llamada **energía geotérmica**.

La biomasa es la materia orgánica derivada de los seres vivos, como en los casos de la madera, la paja, los azúcares, las grasas, el alcohol, etcétera y que se utilizan como materia prima para la fabricación de biocombustibles. En este sentido, se puede decir que de la biomasa se obtiene una de las fuentes de energía más antiguas sobre la Tierra.

Existen tres fuentes principales de biomasa:

a) Los desechos animales.

b) Los residuos vegetales.

c) Los cultivos específicos.

En Brasil, Estados Unidos y otros países se han realizado con éxito cultivos de caña de azúcar (Fig. 4.18) para la producción de alcohol. Éste se utiliza como combustible para vehículos, mezclado con gasolina y se le da el nombre de gasohol.

Hoy día, la mayor cantidad de energía que utiliza la humanidad proviene de la combustión de la materia, como el petróleo, diesel, gasolina, gas, carbón y leña. Al quemar petróleo para obtener energía calorífica se desperdicia un valioso recurso natural no renovable que, si no se cuida, se irá agotando y las generaciones futuras no podrán utilizarlo para la fabricación de plásticos, fibras sintéticas y nuevos productos. Asimismo, la combustión de la materia origina una peligrosa contaminación ambiental, debido a las emanaciones de sustancias tóxicas para los seres vivos (Fig. 4.19). Además, las emanaciones de dióxido de carbono (CO_2), están produciendo un peligroso sobrecalentamiento de nuestro planeta, cuyas consecuencias son, entre otras, el cambio climático que produce prolongadas sequías, abundantes y peligrosas lluvias, nevadas, incendios forestales, etcétera.



Figura 4.18
Con la caña de azúcar se produce alcohol, que se utiliza como combustible para vehículos, al ser mezclado con gasolina (gasohol).



Figura 4.19
La combustión de la materia es causante de la contaminación atmosférica y del sobrecalentamiento de nuestro planeta.

En la actualidad se investiga la manera de utilizar a gran escala y de forma rentable la energía: solar, eólica, hidráulica, geotérmica y mecánica de los mares (mareomotriz).

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) realiza la siguiente actividad.

Actividad

Lee de nuevo con atención, lo referente a:

- Energía potencial gravitacional
- Energía potencial elástica

Elabora en tu cuaderno los esquemas didácticos que consideres necesarios, en los que se visualicen los conceptos involucrados y las relaciones jerárquicas entre dichos conceptos.

Con la supervisión e instrucciones de tu profesor(a) comparte y compara tus esquemas didácticos con tus compañeros del grupo. Enriquécelos o ayuda a que otros lo hagan.

Para tu reflexión

¿Qué debemos hacer para reducir la contaminación?

El progreso de nuestra sociedad no sería posible sin los diferentes tipos de energía que existen, cuyo uso ha permitido el desarrollo de la ciencia, así como de sus aplicaciones en la tecnología. Gracias al uso de la energía, en la actualidad nos trasladamos rápidamente por tierra, aire, mares y ríos; las comunicaciones entre los cinco continentes son prácticamente instantáneas; en síntesis, disfrutamos de las múltiples aplicaciones de la energía y nuestra vida es más activa y placentera.

Sin embargo, no debemos olvidar que el uso de los diferentes energéticos tiene consecuencias como la contaminación del suelo, agua y aire. Si bien las ventajas que representa la electricidad frente a los combustibles son múltiples, porque es limpia y permite disponer con facilidad y de inmediato de la energía que necesitamos, debemos tener presente que un alto porcentaje de la energía eléctrica se obtiene quemando combustibles en las plantas termoeléctricas. Con ese procedimiento se evita que se produzca una contaminación doméstica, pero se traslada a las plantas, donde se concentra (Fig. 4.20).



Figura 4.20
Las plantas termoeléctricas provocan una gran contaminación al quemar combustibles.

Por otra parte, el aire, en especial el de los grandes núcleos urbanos e industriales, contiene sustancias nocivas, incluso peligrosas, que con-

tribuyen a la contaminación. Estas sustancias provienen de la combustión de carbón, leña e hidrocarburos. Así, la gasolina que cuenta con aire en exceso, produce dióxido de carbono y agua durante su combustión; pero las condiciones del motor son diferentes, más propicias para una combustión parcial. Entonces, además del dióxido de carbono y agua en forma de vapor, produce sustancias nocivas como:

a) Monóxido de carbono, que es un gas venenoso.
b) Hidrocarburos no quemados, que pueden causar desde daños al hígado, hasta cáncer.
c) Dióxido de azufre, formado a partir de la pequeña cantidad de azufre que contiene el petróleo, que ocasiona enfermedades de las vías respiratorias y lluvia ácida.
d) Monóxido y dióxido de nitrógeno, productos de la reacción entre nitrógeno y oxígeno a la temperatura del motor, ocasiona los mismos efectos perniciosos que el dióxido de azufre.
e) Humo, constituido por pequeñas partículas de carbono en suspensión, que dañan los pulmones y ennegrecen la ropa, rostro, casas y edificios, entre otros.

El caso del ozono es particular, ya que es benéfico en la alta atmósfera porque nos protege de una radiación intensa de rayos ultravioleta provenientes del Sol; pero perjudicial en la superficie por irritar las vías respiratorias. El ozono se produce aquí por la acción de la luz solar sobre el oxígeno y los gases de escape de los motores. El conjunto de estos gases forman lo que se llama smog (vocablo inglés que proviene de la contracción de las palabras *smoke* que significa humo y *fog*, niebla), que aparece como una niebla contaminante y persistente sobre los grandes núcleos urbanos (Fig. 4.21).



Figura 4.21
La contaminación urbana en forma de smog se debe principalmente a los motores de combustión interna de automóviles, camiones e industrias.

Los automóviles no son el único problema, las industrias y plantas termoeléctricas completan el panorama contribuyendo con sus propios contaminantes, como vapores de disolventes, productos químicos, polvos de metales, cemento, etcétera.

En la lucha contra la contaminación es importante la instalación de convertidores catalíticos en los tubos de escape de los automóviles, para que transformen los gases nocivos en otros no dañinos. En las industrias deben construirse torres de lavado que eliminen humos y polvos. También deben tratarse las aguas residuales, para volver a usarlas o evitar que contaminen ríos y mares. Esto entre otros sistemas anticontaminantes.

Tú también puedes contribuir a reducir la contaminación del ambiente al evitar quemar llantas, cohetes, madera, etc., así como dejar de tirar basura al suelo, como plásticos, chicles, papeles, botes, botellas y bolsas de plástico.





Aplica lo que sabes

De acuerdo con las instrucciones de tu profesor(a) forma un equipo de tres integrantes y pónganse de acuerdo para que recorran su colonia o localidad y observen cuáles focos de contaminación, ya sea del suelo, agua o aire, existen en ella. Elaboren primero en su cuaderno, y después en cartulinas o en papel rotafolio, una propuesta por medio de la cual se pueda reducir la contaminación. Preséntenla ante su grupo y bajo la supervisión de su profesor(a) obtengan una propuesta general, para ser presentada ante el director de su escuela, y con su autorización se someta a la consideración de las autoridades respectivas.

Fortalece tu aprendizaje

1. Reúnete con dos compañeros más, y fuera de su horario escolar visiten una obra importante en construcción, como puede ser: un edificio, una fábrica, un puente o una unidad habitacional. Observen con atención las labores que realizan los trabajadores; después intercambien ideas y escriban en sus respectivos cuadernos los distintos tipos de energía que se utilizan, así como las transformaciones que se hagan de la misma y cuál es la razón de ello. En la casa de alguno de ustedes, elaboren en cartulinas o papel para rotafolio un resumen e incluyan los esquemas didácticos que consideren necesarios, para que en el salón de clases y con las instrucciones y supervisión de su profesor(a) expongan ante sus compañeros el resultado de su trabajo de campo.

2. Reúnete con otro compañero y si no disponen de una computadora y acceso a Internet, visiten un café internet. Por medio del buscador, investiguen lo referente a alguno de los siguientes temas:

   - Sobrecalentamiento del planeta.
   - Contaminación del ambiente.
   - Energía maremotriz.
   - Energía eólica.
   - Energía geotérmica.
   - Energía nuclear.









Seleccionen la información que consideren más importante e imprímanla. En la casa de alguno de ustedes, elaboren en papel rotafolio, en cartulinas, diapositivas, video, o un programa de la computadora, un resumen que incluya esquemas didácticos, así como las ilustraciones que se requieran. Con la orientación y apoyo de su profesor(a) expongan ante sus compañeros el resultado de su investigación. Intercambien ideas y enriquezcan sus conocimientos.







Uso de TIC

Si deseas mayor información con respecto a fuentes de energía renovables, visita la siguiente página de Internet:

http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11

4.4 Potencia

La **potencia mecánica se define como la rapidez con que se realiza un trabajo. Se mide en watts (W)** y se dice que existe una potencia mecánica de un watt cuando se realiza un trabajo de un joule en un segundo:

$$\mathbf{1}\,\mathrm{W} = \frac{1\,\mathrm{J}}{1\,\mathrm{s}}$$

Por ejemplo, mientras una persona sube un bulto de cemento cuyo peso tiene una magnitud de 50 kg_f (aproximadamente 500 N) usando las escaleras, a un departamento que se encuentra en reparación en el quinto piso de un edificio, otra persona, utilizando una polea, sube otro bulto de 50 kg_f hasta el mismo piso en un menor tiempo. ¿Quién realiza mayor trabajo? Puesto que cada quien elevó un bulto de 50 kg_f a la misma altura el trabajo realizado es el mismo, sólo que uno lo realizó en menor tiempo.

El hombre siempre ha buscado realizar su trabajo en el menor tiempo posible, de ahí la necesidad de introducir un nuevo concepto que señale claramente con qué rapidez se hace un trabajo, este concepto recibe el nombre de potencia. Por definición: **potencia mecánica es la rapidez con que se realiza un trabajo**. Su expresión matemática es:

$$P = \frac{T}{t}$$

donde: P = potencia en J/s = watts (W)

T = trabajo realizado en joules (J)

t = tiempo en que se realiza el trabajo en segundos (s)

Como se observa, la unidad usada en el sistema internacional para medir potencia es el **watt** y significa el trabajo de un joule realizado en un segundo. (En honor al escocés James Watt, 1736-1819, famoso por la construcción de una máquina de vapor.)

No obstante, todavía se emplean las siguientes medidas prácticas: el caballo de fuerza (hp) y el caballo de vapor (cv) (Fig. 4.22).



Figura 4.22
El caballo de vapor equivale a la potencia mecánica que realiza un hombre para levantar a un metro de altura, un peso cuya magnitud es de 75 kg_f en un segundo.

$$1\ \mathrm{hp} = 746\ \mathrm{W}$$
$$1\ \mathrm{cv} = 736\ \mathrm{W}$$

El **caballo de fuerza** se utiliza mucho en la actualidad, y compara la cantidad de trabajo que puede producir un motor en un determinado tiempo, con el trabajo que puede producir un caballo. Es una unidad práctica del sistema inglés de unidades. Como el trabajo se expresa así:

$$T = Fd$$

y como la potencia es:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{Fd}{t}$$

pero $\frac{d}{t} = v$, entonces:

$$P = Fv$$

Esta expresión posibilita calcular la potencia si se conoce la magnitud de la velocidad que adquiere el objeto, misma que tendrá una dirección y un sentido igual a la de la fuerza que recibe. Para conocer la **eficiencia** (η) o **rendimiento** de una máquina que produce trabajo, tenemos la expresión:

$$\eta = \frac{\text{Trabajo producido por la máquina}}{\text{Trabajo suministrado a la máquina}} \times 100$$

Ejemplos

Potencia mecánica

1. ¿Cuál es la potencia mecánica de una grúa que realiza un trabajo de 200 000 J en 6 segundos? Expresar el resultado en watts y en caballos de fuerza.

Solución

Datos

$T = 200\,000\ \text{J}$

$t = 6\ \text{s}$

P en W y hp $= ?$

Fórmula

$$P = \frac{T}{t}$$

Sustitución y resultados

$$P = \frac{200\,000\ \text{J}}{6\ \text{s}} = \mathbf{33\,333.33}\ \text{W}$$

Transformación de unidades

$$33\,333.33\ \text{W} \times \frac{1\ \text{hp}}{746\ \text{W}} = \mathbf{44.68}\ \text{hp}$$

2. Para elevar agua a un depósito, un motor de 12 hp se pone a funcionar durante 45 minutos. ¿Qué cantidad de trabajo produce en joules?

Solución

Datos

$P = 12\ \text{hp}$

$t = 45\ \text{min}$

$T = ?$ en joules

Fórmula

$$P = \frac{T}{t} \therefore T = Pt$$

Transformación de unidades

$$12\ \text{hp} \times \frac{746\ \text{W}}{1\ \text{hp}} = 8\,952\ \text{W}$$

$$45\ \text{min} \times \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 2\,700\ \text{s}$$

Sustitución y resultado

$$T = 8\,952\ \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 2\,700\ \text{s} = \mathbf{24.17 \times 10^6}\ \text{J}$$

3. Calcula la potencia de un motor que es capaz de levantar 30 bultos de cemento hasta una altura de 10 m en un tiempo de 2 segundos, si cada bulto tiene una masa de 50 kg.

Solución

Datos

$\boldsymbol{P = ?}$

$m = 30 \times 50\ \text{kg}$

$\quad = 1\,500\ \text{kg}$

$h = 10\ \text{m}$

$t = 2\ \text{s}$

Fórmula

$$P = \frac{T}{t} = \frac{Fd}{t}$$

Para elevar los 30 bultos a velocidad constante, debe desarrollarse una fuerza cuya magnitud es igual a la magnitud de su peso, donde:

$$F = P = mg$$

$$1\,500\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m/s}^2 = 14\,700\ \text{N}$$

$$\therefore P = \frac{14\,700\ \text{N} \times 10\ \text{m}}{2\ \text{s}} = \mathbf{73\,500}\ \text{W}$$

4. Calcula el tiempo que requiere un motor de un elevador cuya potencia es de 37 500 W, para elevar una carga de 5 290 N hasta una altura de 70 m.

Solución

Datos

$\boldsymbol{t = ?}$

$P = 37\,500\ \text{W}$

Fórmula

$$P = \frac{Fd}{t} \therefore t = \frac{Fd}{p}$$

$F = 5\,290\ \text{N}$

$h = 70\ \text{m}$

Sustitución y resultado

$$t = \frac{5290\ \text{N} \times 70\ \text{m}}{37\,500 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}} = \mathbf{9.87\ s}$$

5. La potencia de un motor eléctrico es de 50 hp. ¿A qué magnitud de velocidad constante puede elevar una carga de 9 800 N?

Solución

Datos	**Fórmula**
$P = 50\ \text{hp}$	$P = Fv$
$v = ?$	$\therefore v = \frac{P}{F}$

$F = 9\,800\ \text{N}$

Sustitución y resultado

$$50\ \text{hp} \times \frac{746\ \text{W}}{1\ \text{hp}} = 37\,300\ W$$

$$v = \frac{37\,300\ \text{Nm/s}}{9\,800\ \text{N}} = \mathbf{3.81\ m/s}$$

Ejercicios

1. Una grúa efectúa un trabajo de 45 000 joules en 0.1 minutos. Determina su potencia mecánica en watts y en kilowatts.
2. Calcula en watts y en caballos de fuerza, la potencia mecánica de una grúa que efectúa un trabajo de 60 000 joules en 3 segundos.
3. Un motor de 5 hp produjo un trabajo de 8×10^6 J. Calcula el tiempo que duró funcionando; expresa el resultado en segundos y en minutos.
4. Determina en watts y en caballos de fuerza, la potencia que necesita una grúa para poder elevar una carga de 20×10^3 N a una altura de 30 m en un tiempo de 15 segundos.
5. Un motor cuya potencia es de 70 hp eleva una carga de 6×10^3 N a una altura de 60 m. ¿En qué tiempo la sube?
6. Calcula la magnitud de la velocidad con la que un motor de 40 hp eleva una carga de 15 000 N.

Actividad de aprendizaje

Instrucciones: completa de manera breve, los siguientes enunciados.

1. Magnitud escalar que se produce sólo cuando una fuerza mueve un objeto en la misma dirección en que se aplica:

2. Se realiza un trabajo mecánico de un joule (1 J) cuando al aplicar una fuerza cuya magnitud es de un newton (1 N) a un objeto, éste se desplaza una magnitud igual a:

3. Si una persona mantiene una pesa cuya magnitud es de 50 kg_f sobre sus hombros y camina sobre el suelo 2 m, el valor del trabajo mecánico es igual a:

4. La potencia mecánica se define como la rapidez con que se realiza un:

5. Una persona A realiza un trabajo mecánico de 100 J en 4 s, mientras una persona B realiza el mismo trabajo en 3 s. ¿Qué persona tiene una mayor potencia mecánica?

Reactivos del bloque 4

Relacionas el trabajo con la energía





Dos costales de azúcar cuya masa es de 50 kg cada uno, se encuentran sobre el suelo.
Responde las siguientes preguntas:

1. ( ) Si los dos costales se elevan verticalmente hasta una altura de 1.5 m para ser colocados sobre un animal de carga, el trabajo es:

a) positivo.
b) negativo.
c) menor a cero.
d) mayor a cero.

2. ( ) Sabiendo que 1 kg fuerza = 9.8 N, el trabajo total realizado expresado en joules, al elevar los dos bultos 1.5 m es igual a:

a) −750
b) 1 470
c) 2 675
d) −1 532

3. ( ) Después de colocar los costales encima del animal de carga, éste camina una distancia de 10 m, por lo que el trabajo que realiza expresado en joules, es igual a:

a) 14 700
b) 0
c) 1 000
d) 500

4. ( ) Si al levantar los dos costales hasta la altura de 1.5 m transcurre un tiempo de 2.5 segundos, la potencia expresada en watts, es de:

a) 876
b) 384
c) 588
d) 150

Instrucciones: Efectúa la siguiente lectura.





ENERGÍA MECÁNICA Y LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

La energía que proviene de los cuerpos cuando debido a su posición o estado son capaces de realizar un trabajo, como lo es un cuerpo suspendido a una cierta altura que al caer **es capaz de realizar un trabajo mecánico** sobre cualquier objeto en que caiga, ya que puede comprimir un resorte, introducir pilotes en terrenos blandos o perforar un piso, entre otros, recibe el nombre de **energía mecánica potencial gravitacional** (**EPG**). Este nombre se le da debido a que se origina por la atracción gravitacional ejercida por la Tierra sobre el objeto. Cuando por el estado en que se encuentra el resorte comprimido o estirado, una liga tensa o los muelles de espiral de la cuerda enrollada de un reloj mecánico, tienen la capacidad de realizar un trabajo mecánico, es decir, de desplazar algún cuerpo por la atracción de una fuerza, poseen lo que se denomina **energía potencial elástica** (**EPE**).

También la energía que proviene de los cuerpos en movimiento tiene **energía mecánica**, toda vez que son capaces de realizar un trabajo mecánico y se le da el nombre de **energía cinética**. Tal es el caso de una caída de agua como la de las presas, una corriente de aire, una rueda de molino o una rueda de esmeril al girar, un automóvil, bicicleta, avión o persona en movimiento, una manzana que cae de un árbol y en fin, todo lo que se encuentre en movimiento. Hay cuerpos que tienen movimientos de traslación, como el de una niña al correr, por lo que tienen **energía cinética traslacional** (**ECT**) y otros de rotación al girar sobre su propio eje, como una rueda de la fortuna, por lo que su **energía cinética es rotacional** (**ECR**). Hay otros cuerpos que tienen movimiento de traslación y rotación, como es el caso de nuestro planeta, o el de un yoyo, entre otros.









La energía cinética se manifiesta de diferentes formas, pero no se crea de la nada y cuando hablamos de producir energía, en realidad nos referimos a la transformación de una energía a otra. Por tanto, podemos enunciar la ley de la conservación de la energía en los siguientes términos: **La energía existente en el universo es una cantidad constante que no se crea ni se destruye, sólo se transforma**. La conservación de la energía mecánica es posible siempre y cuando exista la ausencia de determinados factores como la resistencia del aire, o de otras fuerzas disipativas que originen fricción o rozamiento.

En las transformaciones que ocurren en la naturaleza se produce transferencia de energía de unos sistemas a otros, interaccionando entre sí. Revisemos el siguiente caso de interconversiones de energía potencial y cinética: Una pelota se lanza verticalmente hacia arriba con una determinada energía cinética traslacional (ECT), misma que irá disminuyendo debido a la fuerza gravitacional que recibe mientras su energía potencial gravitacional (EPG), se va incrementando al elevar su altura respecto al suelo. Cuando la pelota alcanza su altura máxima, su velocidad en ese instante es cero y toda su energía cinética traslacional se transforma en energía potencial gravitacional. Sin embargo, **la energía mecánica total (Et) de la pelota se conserva, es decir, Et= EPG + ECT, en cualquier instante de su trayectoria.**

Después de haber realizado la lectura anterior, escribe en el paréntesis de la izquierda la letra de la respuesta correcta para cada una de las siguientes preguntas.

1. ( ) Un ejemplo de cuerpo que tiene energía potencial gravitacional es:

a) Un atleta corriendo en una pista
b) Un automóvil a gran rapidez
c) Una maceta colocada en una azotea
d) Un resorte comprimido

2. ( ) Un balón incrementará su energía potencial gravitacional si:

a) Es pateado horizontalmente con mayor fuerza
b) Se infla con mayor presión
c) Se eleva a una mayor altura
d) Se encuentra sobre la superficie de la Luna

3. ( ) Un ejemplo de objeto que tiene energía potencial elástica es:

a) Un resorte sobre una mesa
b) Una liga estirada
c) Un trozo de plastilina
d) Una cuerda enrollada en un yoyo

4. ( ) ¿Cuál objeto tendrá una mayor energía cinética?

a) Una motocicleta que va a 20 km/h
b) Un camión lleno de pasajeros que va a 15 km/h
c) Un atleta olímpico que corre a 10 m/s
d) Una caja de cartón vacía que va a 25 km/h

5. ( ) Un ejemplo de cuerpo que tiene energía cinética de traslación es:

a) Un carrusel al girar
b) La rueda de la fortuna al girar
c) Un disco compacto en movimiento
d) Un niño corriendo

6. ( ) Cuando una hoja de papel extendida cae al suelo:

a) Su energía mecánica total no se conserva
b) Su energía mecánica total es la misma en cualquier momento de su caída
c) Posibilita demostrar la ley de la conservación de la energía mecánica
d) La suma de la energía potencial y cinética es la misma al caer

7. ( ) Una pelota de 250 g se lanza verticalmente hacia arriba con una rapidez de 200 cm/s. Si sabemos que su energía cinética traslacional se calcula con la expresión matemática siguiente: $ECT = \frac{1}{2} mv^2$

7a. ( ) Su energía cinética traslacional en unidades del Sistema Internacional, al momento de lanzarla hacia arriba es igual a:

a) 250 g m/s
b) 0.5 J
c) 25 N
d) 500 g m/s

7b. ( ) Cuando la pelota alcanza su altura máxima su rapidez es:

a) 200 cm/s
b) −2 m/s
c) 0
d) 500 m/s

7c. ( ) Al llegar a su altura máxima, su energía potencial gravitacional es igual a:

a) 0.5 J
b) 250 N
c) 25 kg m/s
d) 500 kg m/s

7d. ( ) Al ir ascendiendo hasta la mitad de su altura máxima, su energía potencial gravitacional es igual a:

a) 0.25 J
b) 200 N
c) 100 kg m/s
d) 20 g m/s

7e. ( ) Cuando la pelota ha llegado a la mitad de su altura máxima, su energía cinética traslacional es igual a:

a) 10 N
b) 300 g/ m/s
c) 0.25 J
d) 25 kg m/s

Instrumentos de evaluación

Apellido paterno:_____ Apellido materno:_____ Nombre:_____ Grupo:_____

Asegúrate de haber adquirido los aprendizajes, habilidades, actitudes y valores que se abordan en el bloque 4. Para ello realiza lo que se te pide.

Responde de manera breve las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo le explicarías a un levantador de pesas que cuando mantiene por un cierto tiempo una pesa levantada sobre su hombro no está realizando un trabajo mecánico, incluso aunque dé varios pasos?

2. Escribe un ejemplo de tu vida cotidiana, en el cual se pongan de manifiesto los conceptos de trabajo y de potencia.

3. Describe un ejemplo observable en tu entorno, de un cuerpo que tenga:

a) Energía potencial gravitacional

b) Energía cinética traslacional

4. Explica con un ejemplo observable en tu entorno, la conservación de la energía mecánica.

5. Utiliza un ejemplo práctico para describir la Ley de la conservación de la energía.

6. ¿Qué fuentes de energía utilizas de manera constante, qué daño causas con ello al ambiente y qué puedes hacer para reducir dichos daños?

7. Resuelve en tu cuaderno los siguientes problemas:

a) Calcula el trabajo mecánico realizado al desplazar un bloque 5 m sobre una superficie horizontal, si se desprecia la fricción y la magnitud de la fuerza aplicada es de 96 N.

b) Un viajero levanta su petaca, cuyo peso tiene una magnitud de 200 N hasta una altura de 0.6 m. Determina: a) ¿Qué trabajo mecánico realiza? b) Si se queda parado durante 3 minutos, sosteniendo la petaca a la misma altura, ¿cuál es el valor del trabajo mecánico? c) Si camina 20 m sin variar la altura de la petaca, ¿cuánto vale el trabajo mecánico realizado?

c) Determina en watts y en caballos de fuerza, la potencia mecánica de un motor que efectúa un trabajo de 45 000 J en un tiempo de 2 segundos.

d) Un objeto de 6 kg de masa se encuentra a una altura de 10 m. Calcula: a) ¿Cuál es su energía potencial gravitacional? b) ¿Cuál es el valor de su energía cinética traslacional, en el preciso instante en que el objeto está a punto de chocar contra el suelo al caer libremente?

8. Señala las ventajas que le encuentras a trabajar en equipo:

9. ¿Qué importancia le encuentras al estudio de la física en tu vida cotidiana?

10. De las siguientes actitudes: interés, curiosidad, creatividad, imaginación, ¿cuál desarrollaste más durante tu curso y por qué?

11. De los siguientes valores: responsabilidad y honestidad, señala para cada uno, por qué son muy importantes en tu escuela, tu casa, y en tu relación con la sociedad.

Responsabilidad:

Honestidad:

12. ¿Qué tema de este bloque 4 te resultó más interesante y por qué?

13. ¿Está cambiando favorablemente la opinión que tenías del estudio de la física y le encuentras utilidad práctica en tu vida cotidiana? Sí o no y ¿por qué?

14. Retoma el cuadro que llenaste en la página 189 y completa la tercera columna "Para contestar al final del estudio de este bloque (lo que aprendimos)".

15. ¿Cambió algo de lo que estaban seguros que sabían? Sí o no y ¿por qué?

16. ¿Ya aprendieron todo lo que querían saber? Sí o no y ¿por qué?

17. ¿Qué le quieres proponer a tu profesor(a) para obtener una mayor participación del grupo o para lograr mejores resultados en el aprendizaje de la física?

Rúbrica

Rúbrica para evaluar los conocimientos y desempeños que tiene y muestra al resolver los ejercicios planteados en la página 204.

Nombre del alumno: Fecha:

	Indicadores / Niveles	Excelente (4)	Bueno (3)	Regular (2)	Deficiente (1)
Conocimientos	Muestra una adquisición profunda, significativa y adecuada sobre el concepto y aplicación de la energía cinética traslacional y energía potencial gravitacional.				
	Comprende el proceso para determinar la energía cinética traslacional y la energía potencial gravitacional, en objetos comunes y aporta buenos argumentos sobre la temática.				
	Considera todos los conocimientos y principios sobre la Ley de la conservación de la energía, para hacer cálculos de forma correcta.				
	Realiza observaciones para retroalimentar y procesar la información correctamente.				
	Aplica adecuadamente los conceptos desarrollados en el tema y clasifica la información de forma correcta.				
	Utiliza las herramientas adecuadas para realizar cálculos y obtener resultados correctos.				
Desempeños	Muestra actitud reflexiva y propositiva durante la resolución de los ejercicios.				
	Comenta sus respuestas y respeta las ideas, opiniones y comentarios de sus compañeros.				
	Trabaja de forma ordenada y limpia durante la actividad.				
	Muestra actitud crítica y reflexiva durante la resolución de los ejercicios.				

Coevaluación

Coevaluación para la sección ¿qué sabes hacer ahora? pág. 189.

INSTRUCCIONES:

1. Intercambia tus respuestas con las de otro compañero/a, lee detenidamente las respectivas contestaciones y después intercambien sus ideas y conocimientos;
2. Lee los detalles de todos los criterios que se deben considerar en este instrumento;
3. Lee con mucha atención todas las preguntas de la actividad, verifica que todas estén resueltas y sean acordes a los criterios que aquí se solicitan (mismas que a continuación se enlistan), y
4. Realiza un comentario en el apartado de las observaciones, siempre y cuando observes que no cubra con lo previamente establecido.

¡Recuerda! Todos tus observaciones o comentarios deben ser claros, objetivos, propositivos, constructivos y respetando las ideas y conocimientos de tu compañero/a; también, tienen que estar relacionados con los contenidos temáticos revisados; todo esto es con la finalidad de que les sean útiles a ti y tu compañera/o para concretar la actividad de forma correcta y significativa.

Nombre de la(el) alumna/o que evalúa:	
Nombre de la(el) alumna/o a evaluar:	
Fecha	

	Criterios a considerar.	cumple		Observaciones
		sí	no	
Cuestionario	Responde todas las preguntas.			
	Todas sus repuestas son breves, claras y pertinentes.			
	Las respuestas abordan contenidos temáticos de la física, cambios de la energía cinética y potencial, entre otros.			
	Explica sus respuestas mediante situaciones de la vida cotidiana.			
	Fundamenta sus explicaciones sobre el estudio del concepto de trabajo, desde el punto de vista de la física y lo relaciona con ejemplos de su entorno.			
	Todos los ejemplos son apropiados y los relaciona con el estudio de la Ley de la conservación de la energía.			
	Destaca la importancia de la energía que existe en el universo.			
Desempeños	Muestra buena actitud para realizar la dinámica propuesta por el profesor.			
	Sigue y ejecuta las instrucciones tal y como lo señala el instrumento.			
	Está interesado en saber sus aciertos y dispuesto a recibir comentarios y sugerencias sobre su trabajo.			
	Pregunta sus dudas y hace comentarios que ayudan a concretar la actividad.			

Desempeños	Contrasta las respuestas obtenidas con las de sus compañeras/os.			
	Intercambia sus ideas y conocimientos, a fin de fortalecer su aprendizaje.			
	Comenta y argumenta sus respuestas, en un ambiente propositivo y de respeto hacia las ideas y conocimientos de sus demás compañeros/as.			
	Trabaja en parejas y ayuda a concretar correctamente la actividad.			
	Aporta información importante, a fin de hacer explícitas las nociones científicas.			

Anota los aprendizajes de tu compañero/a:

En qué crees que tiene que mejorar, proporciona algunas sugerencias:

Revisado por la(el) maestra/o:

Anexo 1

Tabla de equivalencias entre las unidades de medida de algunas magnitudes físicas

a) Longitud

- 1 m = 100 cm
- 1 m = 1 000 mm
- 1 cm = 10 mm
- 1 km = 1 000 m
- 1 angstrom (Å) = 1×10^{-8} cm
- 1 Å = 1×10^{-10} m
- 1 m = 3.28 pies
- 1 m = 1.093 yardas
- 1 milla = 1.609 km
- 1 milla marina = 1.852 km
- 1 pie = 12 pulgadas
- 1 pulg = 2.54 cm
- 1 pie = 30.48 cm
- 1 yarda = 3 pies
- 1 yarda = 91.44 cm

b) Masa

- 1 kg = 1 000 g
- 1 kg = 2.2 libras
- 1 libra = 454 g
- 1 tonelada = 1 000 kg

c) Tiempo

- 1 h = 3 600 s
- 1 h = 60 min
- 1 min = 60 s
- 1 año = 365.24 días
- 1 siglo = 100 años
- 1 década = 10 años
- 1 lustro = 5 años
- 1 día = 86 400 s

d) Área o superficie

- $(1\ m)^2 = (100\ cm)^2 = 1 \times 10^4\ cm^2$
- $(1\ m)^2 = (3.28\ pies)^2 = 10.76\ pies^2$
- 1 área = 100 m^2
- 1 hectárea = 10 000 m^2
- 1 acre = 4 840 $yardas^2$
- 1 acre = 43 560 $pies^2$
- 1 acre = 4 048.33 m^2

e) Volumen

- $1\ m^3 = 1\ 000$ litros
- $1\ m^3 = 1 \times 10^6\ cm^3$
- 1 litro = 1 000 cm^3
- 1 litro = 1 000 ml
- 1 ml = 1 cm^3
- 1 litro = 1 dm^3
- 1 galón = 3.785 litros

f) Velocidad

- 1 km/h = 0.2778 m/s
- 1 milla/h = 1.609 km/h
- 1 m/s = 3.28 pies/s
- 1 nudo = 1 milla marina/h
- 1 nudo = 1.852 km/h

g) Fuerza

- 1 kg_f = 9.8 N
- 1 kg_f = 1 000 g_f
- $1\ N = 1 \times 10^5$ dinas
- 1 kg_f = 2.2 lb_f
- 1 lb_f = 454 g_f
- 1 lb_f = 4.448 N

h) Trabajo y energía

- 1 joule (J) = 0.24 cal
- 1 cal = 4.18 J
- $1\ kW \cdot h = 3.6 \times 10^6$ J
- $1\ eV = 1.602 \times 10^{-19}$ J

i) Potencia

- 1 hp = 746 W
- 1 cv = 736 W
- $1\ W = 1.341 \times 10^{-3}$ hp
- 1 hp = 0.178 kcal/s

j) Densidad

- $1\ g/cm^3 = 1\ 000\ kg/m^3$
- $1\ g/cm^3 = 1$ g/ml
- $1\ g/cm^3 = 1$ kg/litro

k) Presión

- 1 atm = 760 mm de Hg
- 1 atm = 76 cm de Hg
- $1\ Pa = 1\ N/m^2$
- $1\ atm = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$
- 1 cm de Hg = 13.6 g_f/cm^2
- 1 cm de Hg = 0.0136 kg_f/cm^2
- 1 mm de Hg = 1.36 g_f/cm^2
- 1 mm de Hg = 1.36×10^{-3} kg_f/cm^2
- 760 mm de Hg = 1.0336 kg_f/cm^2
- 1 torr = 1 mm de Hg
- $1\ bar = 1 \times 10^5\ N/m^2$

l) Carga eléctrica
• 1 C = 6.24×10^{18} electrones
• 1 electrón = -1.6×10^{-19} C
• 1 protón = 1.6×10^{-19} C

Anexo 2

Alfabeto griego

Mayúscula	Minúscula	Nombre
Α	α	alpha
β	β	beta
Γ	γ	gamma
Δ	δ	delta
Ε	ϵ	épsilon
Ζ	ζ	zeta
Η	η	eta
Θ	θ	theta
Ι	ι	iota
Κ	κ	kappa
Λ	λ	lambda
Μ	μ	mu
Ν	ν	nu
Ξ	ξ	xi
Ο	ο	ómicron
Π	π	pi
Ρ	ρ	rho
Σ	σ	sigma
Τ	τ	tau
Υ	υ	ípsilon
Φ	ϕ	fi
Χ	χ	ji
Ψ	ψ	psi
Ω	ω	omega

Anexo 3

Constantes físicas y sus valores

• Velocidad de la luz en el vacío	$c = 2.998 \times 10^{8}$ m/s
• Masa de la Tierra	$m_T = 5.98 \times 10^{24}$ kg
• Radio de la Tierra	$r_T = 6.37 \times 10^{6}$ m
• Masa de la Luna	$m_L = 7.25 \times 10^{22}$ kg
• Radio de la Luna	$r_L = 1.738 \times 10^{6}$ m
• Masa en reposo del electrón	$m_e = 9.109 \times 10^{-31}$ kg
• Masa en reposo del protón	$m_p = 1.673 \times 10^{-27}$ kg
• Masa en reposo del neutrón	$m_n = 1.673 \times 10^{-27}$ kg
• Unidad de masa atómica	$u = \frac{1}{12}$ masa del $C_{12} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg
• Energía de un electrón volt	$eV = 1.602 \times 10^{-19}$ J
• Carga del electrón	$e^{-} = -1.602 \times 10^{-19}$ C
• Carga del protón	$p = 1.602 \times 10^{-19}$ C
• Número de Avogadro	$N_A = 6.022 \times 10^{23}$ moléculas/mol
• Constante universal de los gases	$R = 8.314$ J/K mol
• Aceleración de la gravedad	$g = 9.80665$ m/s^2
• Constante de gravitación universal	$G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2
• Presión atmosférica normal	$P_n = 760$ mm de Hg $= 1.034$ kg$_f$/cm^2
• Cero absoluto	$0\ K = -273.15\ ^{\circ}C$
• Equivalente mecánico del calor	1 cal = 4.186 J
• Constante de Coulomb o electrostática	$k_e = 8.987 \times 10^{9}$ Nm^2/C^2 $\approx 9 \times 10^{9}$ Nm^2/c^2
• Constante de Planck	$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js
• Constante magnética	$k_m = 10^{-7}$ N/A^2

Respuestas de los ejercicios

Bloque 1. Reconoces el lenguaje técnico básico de la física

Respuestas a los ejercicios de la página 28

Transformación de unidades de un sistema a otro

1. 1 500 m

2. 3 km

3. 800 cm

4. 0.25 m

5. 4.57 m

6. 114.8 pies

7. 26.4 lb

8. 76.2 cm

9. 16.39 yardas

10. 160.9 km

11. 500 cm^3

12. 10.0 litros

13. 11.355 litros

14. $1.08 \times 10^3 \frac{km}{h}$

15. $22.22 \frac{m}{s}$

16. $5.36 \frac{m}{s}$

17. $6.21 \frac{millas}{h}$

18. $87.78 \frac{km}{h}$

19. 490 N

Respuestas a los ejercicios de la página 29

Transformación de unidades cuadráticas y cúbicas

1. 150 mm^2

2. 0.35 cm^2

3. 3×10^4 cm^2

4. 0.8×10^4 cm^2

5. 200×10^{-4} m^2

6. 0.46 m^2

7. 18×10^6 cm^3

8. 5 000 ℓ

9. 1 m^3

10. 1.059×10^3 $pies^3$

11. 4.24 m^3

12. $99.10 \times 10^4 \frac{cm^3}{s}$

Vectores

Respuestas a los ejercicios de las páginas 41-42

Suma de vectores

1a) 4 km

1b) cero

2a) $d_t = 12$ km

2b) $\vec{d} = 8.6$ km en dirección noreste con un ángulo de 54° respecto al este.

3a) $d_t = 12$ m

3b) $\vec{d} = 10.1$ m en dirección noreste con un ángulo de 29° respecto al este.

4a) $d_t = 11.9$ km

4b) $\vec{d} = 6.1$ km en dirección noreste con un ángulo de 9° medido respecto al este.

5a) $d_t = 1\,700$ m

5b) $\vec{d} = 460$ m en dirección suroeste con un ángulo de 40° medido con respecto al oeste.

Respuestas a los ejercicios de las páginas 44-45

Descomposición y composición rectangular de vectores por métodos gráfico y analítico

1a) $F_x = -28.28$ N

$F_y = 28.28$ N

1b) $F_x = 21.2$ N

$F_y = 25.28$ N

1c) $F_x = -2.05$ N

$F_y = 1.43$ N

1d) $F_x = -100$ N

$F_y = -173.2$ N

2a) $F_x = -346.4$ N

2b) $F_y = 200$ N

3. $F_x = 1\,414.16$ N

$F_y = -1\,685.2$ N

4a) $F_x = 290.02$ N

$F_y = 135.23$ N

4b) $d_x = 15.39$ m

$d_y = 42.29$ m

4c) $v_x = -5.14$ m/s

$v_y = 6.13$ m/s

5a) $R = 3.9$ N

$\alpha = 50.2° = 50°12'$

5b) $R = 43.01$ m

$\alpha = 35.5° = 35°30'$

5c) $R = 512.25$ m/s

$\alpha = 38.6° = 38°36'$

6. $v = 80$ m/s

Respuestas a los ejercicios de las páginas 51-52

Suma de dos vectores concurrentes o angulares por los métodos gráfico y analítico

1a) $R = 32.54$ m/s

$\alpha = 32.91° = 32°55'$

1b) $R = 4.78$ N

$\alpha = 13.9° = 13°54'$

1c) $R = 31.22$ N

$\alpha = 76.1° = 76°6'$

1d) $R = 3.09$ N

$\alpha = 48°$

2. $F_2 = 306.4$ N

$\alpha = 26.5° = 26°30'$

3. $P = 81.5$ N

4. $P = 550$ N

5. $R = 1206.5$ N

$\measuredangle = 28°$ respecto al este

6. $v_R = 28.62$ m/s

$\measuredangle = 27°$ respecto al sur

7. $v_R = 16.49$ m/s

$\measuredangle = 76°$

Respuestas a los ejercicios de las páginas 53 y 54

Suma de más de dos vectores angulares o concurrentes

1. $R = 45$ N

$\measuredangle = 288.5° = 288°30'$

2. $R = 381$ N

$\measuredangle = 104°$

3. $v_R = 27.5$ m/s

$\measuredangle = 119.4° = 119°24'$

4. $R = 6.805$ N

$\measuredangle = 51.9° = 51°54'$

Bloque 2. Identificas diferencias entre distintos tipos de movimiento

Respuestas a los ejercicios de la página 85

Distancia, desplazamiento, velocidad, rapidez y aceleración

1a) $v = 8.33$ m/s

1b) $\vec{v} = 8.33$ m/s al oeste

2. $d = 1.8$ km

3. $\vec{d} = 666.6$ m al este

4. $t = 154.1$ s

5a) $\vec{v} = 75$ km/h al norte

5b) $\vec{v} = 45$ km/h al norte

5c) La velocidad de la lancha al cruzar el río es de 62 km/h con un ángulo de 14° en dirección noreste

6. Consume menos combustible porque su desplazamiento lo realiza en un menor tiempo, es decir lo hace a mayor velocidad.

7. $a = 2.22$ m/s^2

8. $a = 5.66$ m/s^2

9. $v_f = 20.38$ m/s

$v_f = 73.36$ km/h

Respuestas a los ejercicios de la página 91

Velocidad media

1. $v_m = 75$ km/h

2. $v_m = 3.6$ m/s

3. $\vec{d} = 58.33$ m al norte

4. $t = 0.06$ h

Respuestas a los ejercicios de las páginas 107-108

MRUA

1. $a = 7.5\ \text{m/s}^2$

2a) $\Delta v = 20$ km/h

2b) Sí experimenta una aceleración, ya que hay un cambio en la velocidad del trailer.

3. $d_{1s} = 0.45$ m

$d_{3s} = 4.05$ m

4a) $\Delta v = -30$ km/h

4b) En virtud de que el cambio de velocidad es negativo, la aceleración será también negativa, ya que disminuye la magnitud de la velocidad, es decir, se ha efectuado un frenado, o una desaceleración, motivo por el cual la aceleración tiene un sentido contrario a la velocidad.

5a) $a = 1.67\ \text{m/s}^2$

5b) Como el cambio en la velocidad es positivo, la aceleración también es positiva, por lo que el sentido de la velocidad y el de la aceleración serán iguales.

6. $a = 3.77\ \text{m/s}^2$

7a) $\vec{a} = 2.08\ \text{m/s}^2$ al norte

7b) $\vec{d} = 38.86$ m al norte

8a) $\vec{a} = 0.76\ \text{m/s}^2$ al este

8b) $\vec{d} = 183.9$ m al este

9a) $v = 7.2$ m/s

9b) $d = 4.32$ m

10a) $\vec{v}_{5s} = 17.78$ m/s al sur

10b) $\vec{d} = 51.38$ m al sur

11a) $\vec{a} = 2.08$ m/s al este

11b) $d = 49.96$ m

12a) $t = 31.62$ s

12b) $v = 18.97\ \text{m/s} = 68.29$ km/h

13a) $a = -4.44\ \text{m/s}^2$

13b) $d = 55.5$ m

13c) $v_{2s} = 13.34$ m/s

13d) $d_{2s} = 35.56$ m

14a) $\vec{a} = -9.25\ \text{m/s}^2$ al este

14b) $t = 1.8$ s

14c) $d_{1s} = 12.03$ m

Respuestas a los ejercicios de la página 114

Caída libre y tiro vertical

1. $a = g = -9.8\ \text{m/s}^2$

2a) $h = -122.5$ m

2b) $v = -49$ m/s

3a) $t = 4.95$ s

3b) $v = -48.5$ m/s

4a) $v = -47.2$ m/s

4b) $d = -110.4$ m

5a) $d = 20.4$ m

5b) $v = 0.4$ m/s

5c) $h = 20.41$ m

5d) $t = 4.08$ s

Respuestas a los ejercicios de la página 124

Tiro parabólico

1a) $h = -122.5$ m

1b) $d = 50$ m

2a) $t_{(aire)} = 46.82$ s

2b) $h_{máx} = 2\,685.8$ m

2c) $d_H = 15\,341.97$ m

3. $\theta = 9.33° = 9°20'$

4a) $t = 10.1$ s

4b) $d_H = 2\,244.44$ m

5a) $h_{máx} = 10.2$ m

5b) $d_H = 48.62$ m

Respuestas a los ejercicios de la página 132

Movimiento circular uniforme

1. $\theta = 630$ rad

2. 125.65 rad

3. $\omega = 200$ rad/s

4. 42 975°

5. $\omega = 125.6$ rad/s

$T = 0.05$ s/rev

6. $\omega = 62.8$ rad/s

$f = 10$ ciclos/s

7. $\omega = 62.8$ rad/s

$\theta = 37\,680$ rad

8. $v_L = 6$ m/s

9. $v_L = 209.33$ m/s

Respuestas a los ejercicios de la página 137

MCUA

1. $\alpha = 175$ rad/s^2

2. $\omega_f = 30$ rad/s

3. $\omega_f = 99$ rad/s

$\theta = 684$ rad

4. $\alpha = 12$ rad/s^2

5a) $\omega = 90$ rad/s

5b) $\theta = 663$ rad

6. $\alpha = 100.4$ rad/s^2

7a) $\omega = 9.5$ rad/s

7b) $\theta = 28.75$ rad

7c) 4.58 rev

Bloque 3. Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton

Respuestas a los ejercicios de la página 162

Fricción o rozamiento

1. $\mu_e = 0.77$

2. $\mu_e = 0.6$

3. $\mu_d = 0.4$

4. $F = 15$ N

Respuestas a los ejercicios de la página 169

Segunda ley de Newton

1. $F = 120$ N

2. $m = 200$ kg

3. $\alpha = 50$ m/s^2

4. $F = 25$ N

5. $P = 980$ N

6. $m = 153.06$ kg

7. $F = 7.65$ N

8. $a = 13.3$ m/s^2

9a) $R = 78.4$ N

9b) $F_x = 21.33$ N

Respuestas a los ejercicios de las páginas 172 y 173

Ley de la Gravitación Universal

1. $F = 120\,060 \times 10^{-11}$ N $\approx 1.2 \times 10^{-6}$ N

2. $F = 1.44 \times 10^{-5}$ N

3. $F = 1.04 \times 10^{-6}$ N

4. $d = 5$ m

5. $m = 89.9$ kg

6. $F = 1.597$ N

Bloque 4. Relacionas el trabajo con la energía

Respuestas a los ejercicios de las páginas 194-195

Trabajo mecánico

1. $d = 10$ m

2. $T = 36.75$ J

3. $T = 75$ J

4. $P = 58.8\ \text{N}$

5. $d = 2\text{m}$

6a) $T = 98\ \text{J}$

6b) $T = 0$

6c) $T = 0$

7. $T = 108\ \text{J}$

8a) $T = 362.52\ \text{J}$

8b) $T = 400\ \text{J}$

8c) $T = 0$

9a) $T = 10\,290\ \text{J}$

9b) $T = 10\,290\ \text{J}$, es decir, el mismo trabajo

10a) $T = 710.5\ \text{J}$

10b) $T = 0$

10c) $T = 0$

Respuestas a los ejercicios de la página 204

Energía cinética y potencial

1. $ECT = 455\,625\ \text{J}$

2. $ECT = 45\ \text{J}$

3. $ECT = 100\ \text{J}$

4. $m = 0.89\ \text{kg}$

5. $v = 7.07\ \text{m/s}$

6. $E_p = 19.11\ \text{J}$

7. $h = 8.5\ \text{m}$

8a) $T = 19\,600\ \text{J}$

8b) $EPG = 19\,600\ \text{J}$

8c) $ECT = 19\,600\ \text{J}$

9. $v = 7.37\ \text{m/s}$

10. $F = 0.2 \times 10^4\ \text{N} = 2 \times 10^3\ \text{N}$

11a) $ECT = 62.5\ \text{J}$

$EPG = 0$

11b) $ECT = 42.9\ \text{J}$

$EPG = 19.6\ \text{J}$

$E_T = 62.5\ \text{J}$

Respuestas a los ejercicios de la página 212

Potencia mecánica

1. $P = 7\,500\ \text{W} = 7.5\ \text{kW}$

2. $P = 20\,000\ \text{W} = 26.8\ \text{hp}$

3. $t = 2\,144.7\ \text{s} = 35.7\ \text{min}$

4. $P = 4 \times 10^4\ \text{W} = 53.62\ \text{hp}$

5. $t = 6.89\ \text{s}$

6. $v = 1.99\ \text{m/s}$

Glosario

Aceleración. Es la variación de la velocidad de un móvil en cada unidad de tiempo; su signo será igual al que tenga la variación de la velocidad.

Ángulo. Es la abertura comprendida entre dos radios cualesquiera, que limitan un arco de circunferencia.

Caballo de fuerza (hp). Unidad práctica del sistema inglés para medir la potencia; compara la cantidad de trabajo que puede producir un motor con el trabajo que realiza un caballo. Equivale a 746 W.

Caballo de vapor (cv). Unidad práctica de potencia y equivale a 736 W.

Caída libre de un objeto. Es aquélla en la que un objeto desciende sobre la superficie de la Tierra y no sufre ninguna resistencia originada por el aire o cualquier otra sustancia. La aceleración de la gravedad produce sobre los objetos con caída libre un movimiento uniformemente acelerado.

Campo gravitacional de un objeto. Es la zona en la cual un objeto ejerce su influencia sobre otros objetos debido a sus masas.

Ciencia. Es un conjunto de conocimientos razonados y sistematizados opuestos al conocimiento vulgar.

Cinemática. Estudia los diferentes movimientos, sin atender las causas que los producen.

Degradación de la energía. Cuando la energía se transforma en calor y ya no es posible recuperarla para transformarla en otro tipo de energía.

Desplazamiento angular. Magnitud que cuantifica la magnitud de la rotación que experimenta un objeto de acuerdo con su ángulo de giro.

Desplazamiento de un móvil. Magnitud vectorial que corresponde a una distancia medida en una dirección particular entre dos puntos: el de partida y el de llegada.

Dinámica. Estudia las causas que originan el movimiento de los objetos.

Dinamómetro. Aparato para medir la magnitud de las fuerzas.

Distancia. Magnitud escalar que sólo indica cuál fue la magnitud de la longitud recorrida.

Energía. Se define como la propiedad que caracteriza la interacción de los componentes de un sistema físico que tiene la capacidad de realizar un trabajo. Se mide en joules.

Energía calorífica. Se produce por la combustión de carbón, madera, petróleo, gas natural y otros combustibles.

Energía cinética. Es la que tiene cualquier objeto que se encuentre en movimiento.

Energía cinética rotacional. Es la que tiene todo objeto que gira alrededor de su propio eje.

Energía cinética traslacional. Es la que tiene un objeto o un cuerpo cuando todas sus partes siguen una misma dirección, por ejemplo un muchacho corriendo.

Energía eléctrica. Se obtiene principalmente por medio de generadores eléctricos, pilas secas, acumuladores y celdas solares. Se utiliza para producir un movimiento o flujo de electrones a través de un material conductor.

Energía eólica. Es la producida por el movimiento del aire.

Energía hidráulica. Se aprovecha cuando la corriente de agua mueve un molino, o la caída de agua de una presa mueve una turbina.

Energía mecánica. Es la que tienen los objetos cuando por su velocidad o posición son capaces de producir un trabajo.

Energía nuclear. Es originada por la energía que mantiene unidas a las partículas en el núcleo de los átomos.

Energía potencial. Es la que tiene todo objeto cuando en función de su posición o estado es capaz de realizar un trabajo.

Energía potencial gravitacional. Es la que tiene todo objeto cuando se encuentra a cualquier altura con respecto al suelo.

Energía química. Se produce cuando las sustancias reaccionan entre sí alterando su constitución íntima.

Energía radiante. Es la energía producida por ondas electromagnéticas que se propagan en el vacío a una velocidad aproximada de 300 mil km/s.

Equilibrante. Es aquella fuerza que equilibra a un sistema de fuerzas, tiene la misma dirección y magnitud que la fuerza neta o resultante pero con sentido contrario.

Equilibrante de un sistema de vectores. Es el vector encargado de equilibrar el sistema. Por tanto, tiene la misma magnitud y dirección que la resultante, pero con sentido contrario.

Errores circunstanciales. Este tipo de errores no se repiten de una medición a otra, sino que varían, y sus causas se deben a los efectos provocados por las variaciones de presión, humedad y temperatura del ambiente sobre los instrumentos. Otro error circunstancial es el de paralaje, que se comete por una postura incorrecta de la persona que realiza una lectura.

Errores sistemáticos. Se presentan de manera constante a través de un conjunto de lecturas realizadas al hacer la medición de una magnitud determinada. Las fuentes o causas de este tipo de errores son: defecto en el instrumento de medición, mala calibración del aparato o instrumento usado, y error de escala.

Estática. Analiza las situaciones que posibilitan el equilibrio de los objetos.

Física. Es la ciencia que se encarga de estudiar los fenómenos naturales, en los cuales no hay cambios en la composición de la materia.

Física clásica. Se encarga de estudiar todos aquellos fenómenos en los cuales la velocidad es muy pequeña comparada con la velocidad de propagación de la luz y cuyas escalas espaciales son muy superiores al tamaño de los átomos.

Física moderna. Se encarga de todos aquellos fenómenos producidos a la velocidad de la luz o con valores cercanos a ella, así como al estudio de las propiedades de los átomos, su estructura, sus transformaciones y sus interacciones con la radiación.

Frecuencia. Es el número de vueltas, revoluciones o ciclos que realiza un móvil en un segundo.

Fuerza. Se manifiesta siempre que existe cuando menos, una interacción entre dos objetos.

Fuerza a distancia. Cuando los objetos interactúan sin estar en contacto.

Fuerza de contacto. Se presenta cuando el objeto que ejerce la fuerza se toca con el que la recibe.

Fuerza de fricción dinámica. Tiene una magnitud igual a la fuerza que se requiere aplicar para que un objeto se deslice a velocidad constante sobre otro.

Fuerza de fricción estática. Es la reacción que presenta un objeto en reposo oponiéndose a su deslizamiento sobre otra superficie.

Fuerza de fricción o de rozamiento. Es una fuerza tangencial paralela a las superficies que están en contacto y que se opone al deslizamiento o deslizamiento inminente de un objeto al estar en contacto con otro.

Fuerza neta. Es la fuerza resultante que actúa sobre un objeto, cuando varias fuerzas actúan sobre dicho objeto. Puede ser igual o diferente de cero.

Fuerza viscosa del aire. Fuerza de fricción que opone el aire a los objetos que se desplazan en él.

Fuerzas electromagnéticas. Su origen se debe a las cargas eléctricas.

Fuerzas gravitacionales. Su causa está en función de la masa de los objetos.

Fuerzas nucleares. Se supone que son engendradas por intermedio de mesones entre las partículas del núcleo.

Hipótesis. Es una idea o conjetura para explicar por qué o cómo se produce determinado hecho o fenómeno, lo que contribuirá a resolver un problema en estudio.

Inercia. Es la propiedad de todos los objetos de oponerse a variar su estado, ya sea de reposo o de movimiento.

Intensidad del campo gravitacional en un punto cualquiera. Fuerza por unidad de masa que actúa sobre un objeto colocado en ese punto.

Ley conmutativa de la adición de vectores. Cuando se suman dos vectores, la resultante de la adición es la misma, sin importar el orden en que se sumen los vectores.

Ley de la conservación de la energía. La energía que existe en el universo es una cantidad constante, que no se crea ni se destruye, únicamente se transforma.

Ley de la Gravitación Universal. Se lleva a cabo cuando dos objetos cualesquiera se atraen con una fuerza cuya magnitud es

directamente proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Ley física. Se obtiene cuando después de observar minuciosamente un problema, plantear hipótesis y hacer una experimentación repetida, se obtienen resultados, los cuales posibilitan concluir que, siempre y cuando existan las mismas condiciones que originan un fenómeno, éste se repetirá sin ninguna variación.

Magnitud. Es todo aquello que puede ser medido.

Magnitudes derivadas. Son aquellas que resultan de multiplicar o dividir entre sí a las magnitudes fundamentales.

Magnitudes escalares. Son aquellas que quedan perfectamente definidas con sólo indicar su cantidad expresada en números y la unidad de medida.

Magnitudes fundamentales. Son aquellas que no se definen en función de otras magnitudes físicas y, por tanto, sirven de base para obtener las demás magnitudes utilizadas en la física.

Magnitudes vectoriales. Son aquellas en las que para quedar perfectamente definidas es necesario indicar claramente la dirección y el sentido en que actúan.

Masa. Representa la cantidad de materia contenida en un objeto.

Media aritmética o valor promedio de una serie de mediciones. Se obtienen al sumar todas las mediciones que se hicieron de una misma magnitud y después dividir la suma entre el número de mediciones realizadas.

Medir. Es comparar una magnitud con otra de la misma especie que de manera arbitraria o convencional se toma como base, unidad o patrón de medida.

Método gráfico del paralelogramo. Sirve para sumar dos vectores concurrentes o angulares de manera gráfica.

Método gráfico del polígono. Sirve para sumar más de dos vectores concurrentes en forma gráfica.

Movimiento circular. Es aquel que describe un objeto cuando gira alrededor de un punto fijo central llamado eje de rotación.

Movimiento circular uniforme. Se produce cuando un objeto con magnitud de velocidad angular constante describe ángulos iguales en tiempos iguales. En este movimiento sólo permanece constante la rapidez del móvil, es decir, la magnitud de la velocidad lineal o tangencial.

Movimiento circular uniformemente acelerado. Se presenta cuando un móvil con trayectoria circular aumenta o disminuye la magnitud de su velocidad angular en forma constante en cada unidad de tiempo, por lo que la magnitud de su aceleración angular permanece constante. La interpretación de sus gráficas se lleva a cabo de manera similar a las de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado y sus fórmulas se expresan de manera similar a este movimiento.

Movimiento de un objeto. Indica que su posición está variando respecto a un punto considerado fijo al transcurrir el tiempo.

Movimiento rectilíneo uniforme. Se presenta cuando un móvil sigue una trayectoria recta en la cual realiza desplazamientos iguales en tiempos iguales.

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). Se presenta cuando un móvil viaja en línea recta y su velocidad experimenta cambios iguales en cada unidad de tiempo, por lo que la aceleración permanece constante.

Periodo. Es el tiempo que tarda un objeto en dar una vuelta completa o en completar un ciclo.

Peso. Representa la acción de la fuerza gravitacional sobre la masa de un objeto.

Potencia mecánica. Es la rapidez con que se realiza un trabajo. Se mide en watts (W).

Precisión de un instrumento de medición. Es igual a la mitad de la unidad más pequeña que pueda medir.

Primera ley de Kepler. Todos los planetas se mueven alrededor del Sol siguiendo órbitas elípticas, en las cuales el Sol ocupa uno de los focos.

Primera ley de Newton. Todo objeto se mantiene en su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme, si la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es cero.

Radián. Es el ángulo central al que corresponde un arco de longitud igual al radio.

Rapidez. Magnitud escalar que únicamente indica la magnitud de la velocidad.

Resultante de un sistema de vectores. Es el vector que produce él solo, el mismo efecto que los demás vectores del sistema.

Segunda ley de Kepler. El radio vector que enlaza al Sol con un planeta recorre áreas iguales en tiempos iguales.

Segunda ley de Newton. Toda fuerza resultante aplicada a un objeto le produce una aceleración en la misma dirección en que actúa. La magnitud de dicha aceleración es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del cuerpo.

$$a = \frac{F}{m} \therefore F = ma.$$

Sistema de referencia absoluto. Es aquel que considera un sistema fijo de referencia. Es un sistema práctico, pero en realidad no existe.

Sistema de referencia relativo. Es aquel que considera móvil al sistema de referencia.

Sistema Internacional de Unidades. Se adoptó en 1960, en Ginebra, Suiza, y está basado en el MKS, cuyas iniciales corresponden a metro, kilogramo y segundo. El Sistema Internacional establece que son siete magnitudes fundamentales, éstas con sus respectivas unidades de medida son: longitud (metro, m), masa (kilogramo, kg), tiempo (segundo, s), temperatura (kelvin, K), intensidad de corriente eléctrica (ampere, A), intensidad luminosa (candela, cd) y cantidad de sustancia (mol).

Sistema métrico decimal. Se implantó en 1795, tiene una división decimal y sus unidades fundamentales son el metro, el kilogramo-peso y el litro.

Tercera ley de Kepler. Los cuadrados de los periodos de revolución sideral de los planetas son proporcionales a los cubos de las distancias medias al Sol:

$$\frac{t^2}{d^3} = k$$

Tercera ley de Newton. Cuando un objeto A ejerce una fuerza sobre un objeto B, éste reacciona sobre A ejerciendo una fuerza de la misma intensidad y dirección pero en sentido contrario. También se enuncia así: A toda acción corresponde una reacción de la misma magnitud y dirección, pero con diferente sentido.

Tiro parabólico. Es un movimiento realizado por un objeto en dos dimensiones, es decir, sobre un plano, y es el resultado de la combinación de dos movimientos independientes, que son un movimiento horizontal uniforme y un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado. Por tanto, es la resultante de la suma vectorial de estos dos movimientos. Es de dos tipos: horizontal y oblicuo. El alcance horizontal de un objeto en un tiro oblicuo será el mismo con dos ángulos diferentes de tiro, siempre y cuando la suma de dichos ángulos dé un resultado de 90°.

Tiro vertical. Se presenta cuando un objeto se lanza verticalmente hacia arriba, y se puede observar que la magnitud de su velocidad va disminuyendo hasta anularse al alcanzar su altura máxima.

Trabajo igual a un joule. Se produce cuando al aplicar una fuerza de un newton a un objeto, éste se desplaza un metro: 1 J = 1 Nm.

Trabajo mecánico. Es una magnitud escalar producido sólo cuando una fuerza mueve un objeto en la misma dirección en que se aplica.

Trabajo negativo. Se presenta cuando un objeto sobre el cual actúa una fuerza tiene una componente de movimiento en sentido opuesto al sentido de la fuerza.

Trayectoria. El recorrido de un móvil debido a su cambio de posición lo constituye una línea que recibe el nombre de trayectoria, y dependiendo de su forma, el movimiento puede ser rectilíneo, o bien, curvilíneo, si su trayectoria es circular, elíptica o parabolica.

Unidad de medida o patrón. Es toda magnitud de valor conocido y perfectamente definido que se utiliza como referencia para medir y expresar el valor de otras magnitudes de la misma especie. Una de las características principales que debe cumplir un patrón de medida es que sea reproducible.

Vector. Es un segmento de recta dirigido. Tiene las siguientes características: punto de aplicación u origen; magnitud, intensidad o módulo del vector, que indica su valor y se representa por la longitud del vector de acuerdo con una escala convencional; dirección y sentido.

Vectores colineales. Son aquellos que se encuentran en la misma línea de acción, es decir, en la misma dirección.

Vectores concurrentes o angulares. Son aquéllos en los cuales su dirección o línea de acción se cruza en algún punto; el punto de cruce constituye el punto de aplicación de los vectores, mismos que forman un ángulo.

Vectores coplanares. Son aquellos que se encuentran en el mismo plano.

Vectores deslizantes. Son aquellos que se pueden desplazar o deslizar a lo largo de su línea de acción, es decir, en su misma dirección.

Vectores libres. Son aquellos que no tienen un punto de aplicación en particular.

Vectores no coplanares. Son aquellos que se encuentran en diferente plano.

Velocidad. Magnitud vectorial que se define como el desplazamiento realizado por un móvil, dividido entre el tiempo que tarda en efectuarlo.

Velocidad angular. Representa el cociente entre la magnitud del desplazamiento angular de un objeto y el tiempo que tarda en efectuarlo.

Velocidad lineal o tangencial. Representa la magnitud de velocidad que tendría un objeto al salir disparado en forma tangencial a la circunferencia que describe.

Velocidad media. Representa la relación entre el desplazamiento total hecho por un móvil y el tiempo en efectuarlo.

Bibliografía

Cutnell, John D. *Física*. México, 2a. ed., Limusa Wiley, 2004.

Del Río, Fernando *et al.* *Cosas de la ciencia*. México, 2a. ed., Fondo de Cultura Económica, 1998.

Gardner, Martin. *Los grandes ensayos de la ciencia*. México, Nueva Imagen, 1998.

Hewitt, Paul G. *Física conceptual*. México, 9a. ed., Pearson Educación, 2004.

Pérez Montiel, Héctor. *Física experimental 1*. México, 3a. ed., Grupo Editorial Patria, 2003.

Pérez Montiel, Héctor. *Física general*. México, 5a. ed., Grupo Editorial Patria, 2015.

Pérez Montiel, Héctor. *Física 1 para Bachilleratos tecnológicos*. México, Grupo Editorial Patria, 2015.

Pérez Montiel, Héctor. *Física 2 para Bachilleratos tecnológicos*. México, Grupo Editorial Patria, 2015.

Tippens, Paul E. *Física, conceptos y aplicaciones*. México, 6a. ed., McGraw-Hill, 2001.

Viniegra Heberlein, Fermín. *Una mecánica sin talachas*. México, 2a. ed., La Ciencia para Todos, Fondo de Cultura Económica, 2001.

Direcciones electrónicas

Bloque 1. Reconoces el lenguaje técnico básico de la Física

http://www.youtube.com/watch?v=4tP_sjDvvEY
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/unidades/unidadMedida.html
http://www.institutomardecortes.edu.mx/pubs/fisica1.pdf
http://www.educaplus.org/movi/1_3componentes.htm/

Bloque 2. Identificas diferencias entre distintos tipos de movimiento

http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1184
http://www.slideshare.net/jaimegasca/experimentos-fisica-i

Bloque 3. Comprendes el movimiento de los cuerpos a partir de las leyes de Newton

http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1184
http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/Dinamica/index.htm

Bloque 4. Relacionas el trabajo con la energía

http://blog.educastur.es/eureka/4%C2%BA-fyq/trabajo-y-energia-mecanica/
http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11

Índice

A
Aceleración instantánea 98
Aceleración media 98
Aceleración, concepto de 82

C
Caída libre y tiro vertical 110
Calor, como una forma de energía 201
Causas de error en las mediciones 30
Cinemática, concepto de 80
Coeficiente de fricción dinámico 161
Coeficiente de fricción estático 160
Cosmos, el 177

D
Descomposición y composición rectangular de vectores 42
Desplazamiento angular 127
Dinámica, concepto de 156
Dinamómetro para medir fuerzas, uso del 158
Distancia y desplazamiento 81

E
Energía cinética 198
Energía cinética rotacional 199
Energía cinética traslacional 198
Energía potencial elástica 198
Energía potencial gravitacional 197
Energía, definición de 196
Energía, fuentes de 206
Energía, tipos de 195
Errores circunstanciales 30
Errores en las mediciones, tipos de 30

F
Física y sus aplicaciones, la 7
Física, división 9
Física, historia de la 8
Frecuencia 128
Fricción, ventajas y desventajas de la 161
Fuerza de contacto y a distancia 158
Fuerza, carácter vectorial de una 158
Fuerza, unidades para medir 159
Fuerzas colineales 46
Fuerzas de fricción estática y dinámica o cinética 159
Fuerzas, clasificación de las 156
Funciones trigonométricas y teorema de Pitágoras 47

G
Galileo, Newton y Einstein 12
Gráficas de magnitud del desplazamiento-tiempo y magnitud de la velocidad-tiempo, interpretación de 92
Gráficas para el movimiento circular uniformemente acelerado 134

I
Inercia rotacional 200
Instrumentos de medición 29

L
La física y su impacto en la ciencia y la tecnología 6
Ley de la conservación de la energía mecánica 200
Ley de la gravitación universal 170
Ley de la inercia 164
Leyes de Kepler 178

M
Magnitud, medir y unidad de medida, definiciones de 19
Magnitudes escalares y vectoriales 37
Magnitudes físicas y su medición 18
Magnitudes fundamentales y derivadas 19
Masa y peso 159
Método científico 10
Método científico experimental 11
Método científico, características del 11
Método gráfico del polígono 52
Métodos directos e indirectos de medida 22
Movimiento circular 127
Movimiento circular uniforme 130
Movimiento circular uniformemente acelerado 133
Movimiento en dos dimensiones 119
Movimiento en una dimensión 88
Movimiento mecánico, antecedentes históricos 163
Movimiento rectilíneo uniforme 88
Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado 98
Movimiento, nociones básicas sobre 80

N
Notación científica 23

P
Partícula material, concepto de 80
Periodo 128
Peso y masa 159
Potencia 210
Potencias con base 10 25
Prefijos usados en el Sistema Internacional 23
Primera ley de Newton 164

R
Rapidez traslacional y rapidez rotacional 200
Resultante y equilibrante de un sistema de vectores 38

S
Segunda ley de Newton 165
Sistema de fuerzas colineales 46
Sistema de vectores concurrentes o angulares 38
Sistema Internacional de Unidades, ventajas y limitaciones 20
Sistema Métrico Decimal 19
Sistemas de referencia absoluto y relativo 86
Sistemas de unidades CGS e Inglés 20
Sol, el 177

T
Tecnología de los alimentos, la 7
Teorema de Pitágoras 47
Tercera ley de Newton 166
Tiempo 80
Tiro parabólico horizontal 120
Tiro parabólico oblicuo 120
Tiro vertical 112
Trabajo 192

V
Vector, propiedades de un 39
Vectores 37
Vectores, escalas de 38
Vectores, representación gráfica de 38
Velocidad angular 129
Velocidad angular media 129
Velocidad instantánea 91
Velocidad media 89
Velocidad terminal 111
Velocidad y rapidez 81

Guías y estrategias para el docente

Las **Guías para el docente**, con contenidos nuevos y enriquecidas con una introducción sobre *Las prácticas actuales de la docencia* de la Dra. Laura Frade, ejemplos de plan de clase y una propuesta de dosificación, sirven como manual del libro y están compuestas por las siguientes secciones.



2 Desarrollo de desempeños

Propósitos:

- Identificar la ética como una disciplina filosófica y diferenciar entre la ética y la moral.
- Reconocer qué es un código de ética para establecer la importancia de la ética y la moralidad como parte fundamental del desarrollo y convivencia dentro de una sociedad.

3 Objetos de aprendizaje necesarios para el desarrollo de las competencias

- Ética y Filosofía.
- Ética y moral.
- Disciplinas filosóficas.
- Juicios de valor.

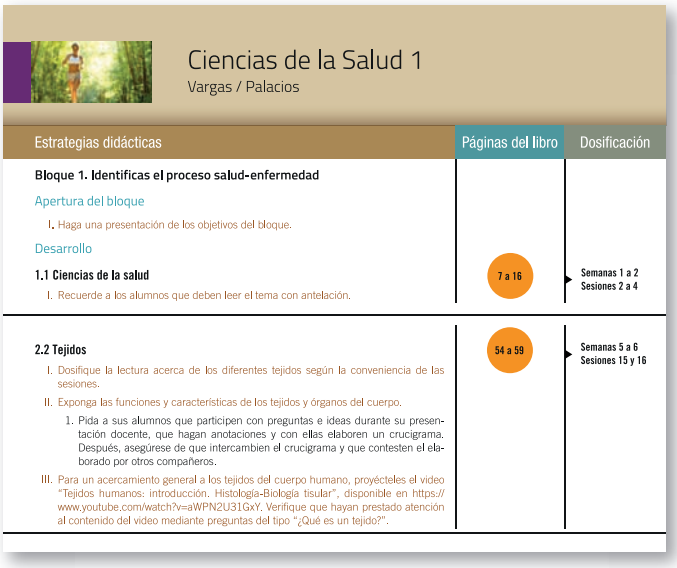
4 Competencias a desarrollar

- Analiza y evalúa la importancia de la Filosofía en su formación personal y colectiva.

5 Secuencia didáctica

Apertura

Actividades (Docentes y estudiantes)	Competencias: Genérica(s) y atributos	Competencias: Disciplinar(es)	Productos de aprendizaje	Instrumentos de evaluación



Ciencias de la Salud 1

Vargas / Palacios

Estrategias didácticas	Páginas del libro	Dosificación
Bloque 1. Identificas el proceso salud-enfermedad		
Apertura del bloque		
I. Haga una presentación de los objetivos del bloque.		
Desarrollo		
1.1 Ciencias de la salud	7 a 16	Semanas 1 a 2 Sesiones 2 a 4
I. Recuerde a los alumnos que deben leer el tema con antelación.		
2.2 Tejidos	54 a 59	Semanas 5 a 6 Sesiones 15 y 16
I. Dosifique la lectura acerca de los diferentes tejidos según la conveniencia de las sesiones.		
II. Exponga las funciones y características de los tejidos y órganos del cuerpo.		
1. Pida a sus alumnos que participen con preguntas e ideas durante su presentación docente, que hagan anotaciones y con ellas elaboren un crucigrama. Después, asegúrese de que intercambien el crucigrama y que contesten el elaborado por otros compañeros.		
III. Para un acercamiento general a los tejidos del cuerpo humano, proyécteles el video "Tejidos humanos: introducción. Histología-Biología tisular", disponible en https://www.youtube.com/watch?v=aWPN2U31GxY. Verifique que hayan prestado atención al contenido del video mediante preguntas del tipo "¿Qué es un tejido?".		

- **Desarrollo de los desempeños.** Especifican las competencias genéricas y disciplinares que se emplearán en el diseño de la secuencia didáctica.

- **Objetos de aprendizaje para el desarrollo de las competencias.** Señalan los saberes conceptuales necesarios para abordar el bloque.

- **Competencias por desarrollar.** Se incluyen en el bloque de aprendizaje.

- **Secuencia didáctica.** Se organiza en tres momentos: apertura, desarrollo y cierre. Se compone de las actividades, las competencias que se usarán, los productos que se obtendrán, así como los instrumentos de evaluación.

- Adicionalmente cuentan con **respuestas** a los ejercicios y cuestionamientos planteados en los textos.

Por otra parte, ofrecemos nuestras **Estrategias docentes** (disponibles en **SALI** y diseñadas especialmente para cada libro), que buscan apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante herramientas didácticas para el desarrollo de la clase.

En estos recursos se identifica el **bloque** que se va a trabajar, el **tema**, las **páginas** en el libro, y las **sesiones** que abarcará.

Las instrucciones de las actividades están redactadas de manera sencilla y se plantean como alternativas para que enriquezca su clase. A lo largo del libro encontrarás una serie de iconos, que indicarán el tipo de sugerencia didáctica que te recomendamos.

Guia para el docente

Estrategias docentes

www.sali.org.mx